

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

BADJIMOKHTARANNABA UNIVERSITY
UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR ANNABA



جامعة باجي مختار - عنابة

Faculté des Sciences
Département de Biologie

THESE

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de **DOCTORAT**

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'IMPACT DE LA NAPPE PHREATIQUE
ET DES ACCUMULATIONS GYPSO-SALINES SUR L'ENRACINEMENT ET
LA NUTRITION DU PALMIER DATTIER DANS LA CUVETTE DE
OUARGLA (SUD EST ALGERIEN)**

Option

Ecophysiologie végétale

Par

DADDI BOUHOUN Mustapha

DIRECTEUR DE THESE : BRINIS Louhichi Professeur, Université de Annaba

Devant le jury

PRESIDENT : BOUGHEDIRI Larbi Professeur, Université de Annaba

EXAMINATEURS : OULD EL HADJ Mohamed Didi Professeur, Université de Ouargla

DJEMAI Rachid M.C.A, Université de Annaba

SAKER Mohamed Lakhdar M.C.A, Université de Ouargla

Année : 2009 / 2010

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَنَزَّلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً مُبْرَكًا فَأَنْبَتْنَا بِهِ جَنَّاتٍ وَحَبَّ الْحَصِيدِ (٩) وَالنَّخْلَ بَاسِقَاتٍ لَهَا طَلْعٌ نَضِيدٌ (١٠) رِزْقًا لِلْعِبَادِ وَأَحْيَيْنَا بِهِ بَلَدَةً مَيِّتَةً كَذَلِكَ الْخُرُوجُ (١١)

سورة: ق
الآيات ٩ إلى ١١

Au nom de Dieu clément et miséricordieux

Et Nous avons fait descendre du ciel une eau bénie, avec laquelle Nous avons fait pousser des jardins et le grain qu'on moissonne (9), ainsi que les hauts palmiers aux régimes superposés (10), comme subsistance pour les serviteurs. Et par elle (l'eau) Nous avons redonné la vie à une contrée morte. Ainsi se fera la résurrection (11).

Sourate 50 : QAF
Versets 9 à 11



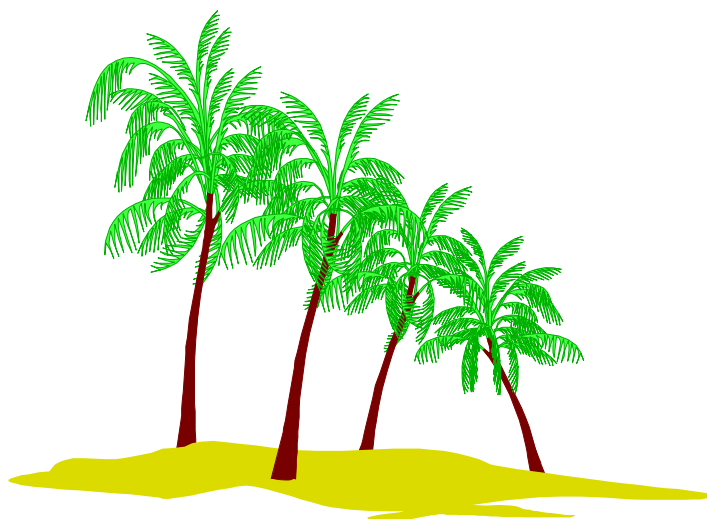
Dédicace et Avant-propos

Dédicace

Je dédie cette thèse à ma chère mère et à la mémoire de mon père et de mes grands parents, qui ont consacré toute leur vie pour m'avoir éduqué et élevé dans le confort.

Je la dédie aussi à des êtres chers à mon cœur :

- 🌸 ma femme qui m'a soutenu, encouragé et m'a accompagné dans le parcours de la vie**
- 🌸 mes chers enfants**
- 🌸 tous mes proches et amis**



Avant-propos

Je tiens à remercier vivement au terme de ce modeste travail, messieurs, le recteur de l'université BADJI Mokhtar de Annaba et le vice-recteur, chargé de la recherche et de la post-graduation, le Doyen de la faculté des sciences et le vice-doyen chargé de la recherche et de la post-graduation, le chef du département de biologie et son adjoint, chargé de la recherche et de la post-graduation, les présidents et les membres des comités scientifiques du département et de la faculté, qui m'ont permis d'aborder ce thème de recherche dans un environnement scientifique adéquat. Je tiens également à remercier tout particulièrement mon directeur de thèse, le professeur BRINIS Louhichi, du département de biologie, pour avoir accepté de diriger ce travail de thèse. Il m'a aidé à choisir et à développer ce thème de recherche en écophysiologie du palmier dattier. Il n'a pas cessé de me soutenir et me prodiguer ses conseils précieux, et je lui serais très reconnaissant pour tout ce qu'il a fait pour moi.

Mes remerciements les plus sincères s'adressent aussi à tous les membres du jury qui ont accepté d'examiner ce travail de thèse. Monsieur BOUGHEDIRI Larbi, professeur à l'université de Annaba, je vous serai très reconnaissant, de m'avoir honoré en acceptant de présider ce jury. Monsieur OULD EL HADJ Mohamed Didi, professeur à l'université de Ouargla, tout l'honneur me revient de vous avoir comme examinateur dans cette thèse. Messieurs DJEMAI Rachid et SAKER Mohamed Lakhdar, maîtres de conférences A, respectivement à l'université de Annaba et de Ouargla, vous me faites tout l'honneur d'avoir accepté de faire partie de cet honorable jury pour l'examen de ce travail de thèse.

Je tiens à exprimer aussi ma profonde gratitude et ma reconnaissance au professeur BOUTARFAIA Ahmed, recteur de l'université KASDI Merbah de Ouargla, pour ses encouragements et son soutien sans réserves. Mes remerciements vont aussi au laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides, relevant de la même université d'avoir domicilié ce thème de recherche dans l'équipe pédologie dont je fais partie. Je ne peux oublier également le personnel et les dirigeants du laboratoire, entre autres, l'ancien et le nouveau directeur, respectivement les professeurs DADDA MOUSSA Belkheir et OULD EL HADJ Mohamed Didi. Comme je tiens à remercier les professeurs Marc CÔTE et Jacques RABIER de l'université de Provence Marseille (France), pour leur soutien, leurs critiques scientifiques bénéfiques et leurs encouragements quant à l'aboutissement de ce travail de recherche, sans oublier le professeur DAOUAD Youcef de I.N.A. d'El-Harrach, qui a été d'un soutien précieux dans l'orientation de cette thèse à travers ses encouragements.



مساهمة في دراسة تأثير الطبقة المائية الجوفية و التراكمات الجبسية الملحية على تعرق و تغذية نخيل التمر في حوض ورقلة (الجنوب الشرقي الجزائري)

نخيل التمر هو أحد المكونات القديمة للنظام البيئي في الواحات، المههد بتدهور المياه و التربة و ذات فسيولوجيا غير معروف.

حاولت أبحاثنا التعرف على تفاعل طبقة المائية الجوفية-التربة-النخيل وتحديد تحمل نخيل دجلة نور للعوائق البيئية لورقلة. لقد سمحت لنا بتقييم طبيعة العوائق المائية المالحة للمياه الجوفية، مياه الري والميكانيكية لأشكال التراكمات الجبسية الملحية، وآثارها على النظام الجذري، والقدرة الغذائية للنخيل، معبرة بإنتاجية التمر.

وأظهرت النتائج بوضوح الضرر الناجم عن العوائق البيئية على المحصول وشكل الجذور و قطرها و كثافتها وعمقها، و نمو الجذور الهوائية. اقترحنا على ضوء نتائج أبحاثنا والمعرفة المكتسبة، نماذج وجداول لتحمل النخيل لحالات العوائق، المعبر عنها بالإنتاجية ومستويات القياسات الجذرية وأيضاً تصنيف المقاطع الجانبية لتعرق.

مكنتنا هذه المكتسبات العلمية في الفسيولوجيا البيئية للنخيل من اقتراح بعض مناهج الحلول لمشاكل بيئة الواحات الجزائرية و المناطق المشابهة. تدرج هذه الأخيرة في منظور البحث التنموي و وضع سياسة لتهيئة بيئية مستدامة ذات أبعاد اجتماعية واقتصادية. يجب أن تكون إجراءات التهيئة المستقبلية مدروسة وعقلانية ، تأخذ في الاعتبار النواقص و قدرة على تجنب خسارة تراث زراعة النخيل واختلال التوازن البيئي في الواحات الصحراوية.

كلمات دالة : طبقة المياه الجوفية، تربة، تعرق، تغذية، نخيل التمر ، ورقلة.

Résumé

Contribution à l'étude de l'impact de la nappe phréatique et des accumulations gypso-salines sur l'enracinement et la nutrition du palmier dattier dans la cuvette de Ouargla (Sud Est algérien)

Le palmier dattier est une des composantes ancestrales de l'écosystème oasis, menacé par la dégradation hydro-édaphique et dont la physiologie est mal connue.

Nos recherches ont essayé de mettre en évidence les interactions nappe-sol-palmier et de déterminer la tolérance des palmiers dattiers Déglet Nour aux stress environnementaux de Ouargla. Elle nous a permis d'apprécier la nature des stress hydro-halomorphes des nappes phréatiques, des eaux d'irrigation et mécaniques des formes d'accumulations gypso-salines, et leurs effets sur le système racinaire et le potentiel nutritionnel des palmiers dattiers, exprimé par les rendements en dattes.

Les résultats obtenus montrent clairement les dommages produits par les contraintes du milieu sur les rendements et la morphologie, le diamètre, la densité, la profondeur racinaire et l'émission de racines aériennes. Nous avons proposé à la lumière des résultats de nos recherches et des connaissances acquises, des modèles, des échelles de tolérances des palmiers dattiers aux conditions de stress, exprimées par les rendements et les niveaux des paramètres racinaires, et aussi une classification pour les profils d'enracinement.

Ces acquis scientifiques en écophysiologie du palmier dattier nous ont permis de recommander certaines approches de solutions face aux problèmes en milieu oasien algérien et en régions similaires. Elles s'insèrent dans une perspective de recherche-développement et la conception d'une politique d'aménagement environnementale durable d'envergure socio-économique. Les démarches d'aménagements futures doivent être raisonnées et rationnelles, tenant compte des lacunes et en mesure d'éviter la perte du patrimoine phoenicicole et le déséquilibre écologique dans les oasis sahariennes.

Mots-clés : nappe phréatique, sol, enracinement, nutrition, palmier dattier, Ouargla.

Abstract

Contribution to the study of the impact of groundwater and gypso-saline accumulations on rooting and nutrition of date palms in the Ouargla basin (South East Algeria)

The date palm, an ancestral component of the oasis ecosystem whose physiology is not well-known, is threatened by hydro-edaphic degradation.

Our research has attempted to identify the interaction groundwater – soil – palm and to determine the tolerance of Deglet Noor date palms to the Ouargla stress environment. It allowed us to assess the nature of hydro-halomorphic stresses of the water table and irrigation water and that of mechanical stresses of gypso-salts accumulation forms, and determine their effects on the root system and nutritional potential of date palms, expressed by the date yields.

The results show clearly the damage produced by environmental constraints on yields, root morphology, diameter, density, depth and emission of aerial roots. We propose in the light of our research results and acquired knowledge, models, tolerance scales of date palms to stress conditions, expressed by the yields and levels of root parameters and also a classification for rooting profiles.

These acquired scientific gains in date palm ecophysiology leads us to recommend some solution approaches facing the problems of Algerian oasis environments and similar areas. They are to be seen in the perspective of research-development and policy conception for sustainable environmental planning of socio-economic scope. The process of future development must be reasoned and rational, taking into account the limitations in order to avoid palm tree heritage loss and ecological imbalance in the saharan oases.

Keywords : groundwater, soil, rooting, nutrition, date palm, Ouargla.



Sommaire

Sommaire

Introduction	1
Première partie : Ecologie du palmier dattier	
Chapitre I. Caractéristiques du palmier dattier	
1. Taxonomie	6
2. Origine et distribution géographique	6
3. Morphologie	10
Chapitre II. Exigences écologiques du palmier dattier	
1. Exigences climatiques	20
2. Exigences édaphiques	21
3. Exigences hydriques	24
4. Exigences nutritionnelles	26
Deuxième partie : Problématique et Cadre de l'étude	
Chapitre III. Dégradation hydro-édaphique des oasis	
1. Causes de dégradation	38
2. Conséquences de la dégradation	39
Chapitre IV. Cadre de l'étude	
1. Localisation géographique	50
2. Climat	51
3. Hydrographie	54
4. Géomorphologie	55
5. Géologie	56
6. Hydrogéologie	57
7. Pédologie	61
8. Végétation naturelle	62
9. Phoeniciculture	64
Troisième partie : Matériels et méthodes	
Chapitre V. Matériels d'études	
1. Choix des sites d'études	65
2. Zone d'étude I	66
3. Zone d'étude II	69
4. Zone d'étude III	72
Chapitre VI. Méthodes d'études	
1. Approches méthodologiques	74
2. Méthodes d'analyses	81

Quatrième partie : Résultats et discussions

Chapitre VII. Tolérance des palmiers dattiers aux stress hydro-édaphiques

1. Niveaux de dégradation hydro-édaphique	83
2. Impact de la dégradation hydro-édaphique	97
3. Conclusion	121

Chapitre VIII. Impact des stress hydro-édaphiques sur l'enracinement

1. Etude de l'environnement hydro-édaphique	125
2. Etude de l'enracinement	137
3. Conclusion	181

Chapitre IX. Classification de l'enracinement des palmiers dattiers

1. Paramètres d'enracinement	184
2. Profils d'enracinement	211
3. Conclusion	223

Conclusion générale	227
----------------------------	-----

Bibliographie	233
----------------------	-----

Annexes	256
----------------	-----

Glossaire	357
------------------	-----

Table des tableaux	360
---------------------------	-----

Table des figures	361
--------------------------	-----

Table des photos	365
-------------------------	-----

Table des matières	
---------------------------	--



Introduction

Introduction

Le palmier dattier est la composante principale de l'écosystème oasien. Il permet une pérennité de la vie dans les régions désertiques où, sans lui, elle serait impossible, même en présence d'eau. L'oasis par son microclimat est un milieu favorable à l'agriculture saharienne, à la flore et à la faune.

Le palmier dattier représentait jadis pour les populations oasiennes le pivot de leur vie. Il assure une source d'alimentation, une rente commerciale, un matériel de confection et d'artisanat, et est utilisé dans la lutte contre l'ensablement. Actuellement, l'industrie pétrolière au Sahara et l'économie de marché ont perturbé la vie socio-économique et culturelle, avec un délaissement de la phoeniciculture.

L'agriculture saharienne n'a pas atteint les objectifs escomptés en dépit des différentes réformes qu'elle a connues, malgré le soutien et les différents moyens mobilisés pour redresser ce secteur vital. Elle reste stratégique pour les contrées sahariennes et leurs populations, particulièrement à travers l'importance de son patrimoine phoenicicole. En effet, la palmeraie algérienne ne cesse d'être confrontée à divers problèmes, à la fois d'ordre technique, agronomique et ceux liés aux moyens. Les résultats enregistrés par le secteur de la phoeniciculture, malgré les stratégies adoptées, restent en deçà des résultats souhaités.

Le patrimoine phoenicicole algérien reste sujet à diverses contraintes qui entravent son développement et sa valorisation (SAKER et DADDI BOUHOUN, 2007a). L'exploitation irraisonnée des ressources naturelles sahariennes, la mauvaise gestion des eaux et des sols, en dépit des orientations de la politique nationale, inhérente au développement saharien, a conduit dans certaines régions à des problèmes de dégradation de l'environnement hydro-édaphique. Parmi les problèmes recensés, la salinité des eaux et des sols, et le niveau élevé de la nappe phréatique, en conditions de mauvaise gestion de l'irrigation-drainage. Il faut assurer un développement durable des ressources naturelles de l'écosystème oasien fragile (SAKER et DADDI BOUHOUN, 2007b). Le secteur phoenicicole reste dépendant de l'avancement des travaux de développement et de recherche dans notre pays, notamment dans le domaine des relations sol-eau-palmier (SAKER et DADDI BOUHOUN, 2007a). Il faut approfondir les recherches sur l'impact des conditions hydro-édaphiques sur la croissance du palmier dattier.

Le sol est une ressource naturelle à préserver pour l'agriculture et l'environnement. Il est soumis dans les régions du sud du globe à une dégradation, de type physique et chimique, naturel et anthropique, notamment le déficit et l'excès d'eau, la compaction, la diminution de la fertilité et la salinisation. Ces situations de stress peuvent conduire à la dégradation

Introduction

biologique des sols et à la désertification (ROBERT, 1992). Beaucoup de régions à travers le monde ont connu des situations désastreuses à cause de l'engorgement et de la salinisation des sols (MAINGUET, 1995).

L'excès d'eau dans les sols est un problème pour l'environnement mondial et constitue une cause de la dégradation de 595 millions d'hectares de sol, environ 5 % des terres sont non productives. L'engorgement des sols est causé par la mauvaise gestion des eaux d'irrigation, la nature des sols et la remontée des eaux de nappe (ROBERT et CHEVERRY, 1996). L'élévation des eaux souterraines, causée par le mauvais drainage, a provoqué la dégradation édaphique des écosystèmes agricoles et la diminution de la profondeur racinaire des cultures (HATTON et NULSEN, 1999). Il présente des conséquences préjudiciables sur l'environnement sub-saharien (BERTRAND et al., 1993), saharien, aride et semi-aride (DURAND, 1958 ; BAHRI, 1987).

Les travaux de recherche en Algérie montrent que la remontée des eaux phréatiques occupent de grandes étendues à l'Est du Sahara septentrional et les sols présentent des accumulations calcaires et gypseuses de nappes (DURAND, 1958 ; DUTIL, 1971 ; DUBOST, 1991 ; IDDER T., 1998 ; SAKER, 2000 ; HAMDI-AÏSSA, 2001). La nappe phréatique superficielle, dans le climat hyper-aride favorise la remontée capillaire des sels solubles et l'accumulation du gypse de nappe (DURAND, 1958 ; HALITIM, 1988).

La salinisation est l'un des anciens aspects de dégradation des sols dans le monde (McWILLIAM, 1986), et l'un des problèmes les plus sérieux qui touche l'environnement à l'échelle mondiale, notamment les régions semi-arides et arides (SERVANT, 1970 ; DURAND, 1983). La salinité des sols existe depuis très longtemps en Algérie, elle a été signalée par VILLE (1872) dans son exploration géologique du Nord vers le Sahara. Il existe en Algérie trois types de bassins salifères. Ils sont de type lagunaire Mésozoïque (Secondaire), Côtiers intramontagneux Cénozoïque (Tertiaire) et fermés continentaux Plio-Quaternaire (MERABET et POPOV, 1972). En Algérie, les sols salés occupent environ 15 % de la surface cartographiée dans différentes régions, essentiellement des plaines alluviales, destinées à l'irrigation (DAOUD, 1993). Les sols salsodiques en zones arides algériennes, représentent environ 25 % de la surface cartographiée (HALITIM, 1985).

Les sols salins sont répandus partout en Algérie. Au Nord Ouest, ils sont par exemple localisés dans la vallée du Chellif (BOULAINÉ, 1957 ; DAOUD, 1981 ; DAOUD, 1983 ; BENAMAR, 1991 ; DAOUD, 1993) et la vallée d'Oranie (AUBERT, 1975). Aussi, au Nord Est, on les trouve dans plusieurs régions, comme la zone du Hodna (DEKKICHE, 1974), les hautes plaines de Sétif et de Constantine (AUBERT, 1975). Ils ont aussi une grande

Introduction

extension dans les régions sahariennes du sud de Biskra et au-delà (DUTIL, 1971) jusqu'à Touggourt (SAKER, 2000), M'Zab (DADDI BOUHOUN, 1997), Ouargla (IDDER T., 1998 ; HAMDIAÏSSA, 2001). L'aridité et le climat continental augmentent l'intensité de l'accumulation des sels (PANKOVA, 1992), entraînant dans certains cas, l'abandon des parcelles irriguées dans les palmeraies (BELHADJ et al., 1975).

D'après DURAND (1958), l'enracinement des plantes cultivées n'a jamais été étudié en culture irriguée en Algérie, avant 1958. Pourtant, la connaissance de la profondeur d'enracinement est une donnée essentielle de la prévision des besoins en eau des cultures. Les travaux expérimentaux in situ sur l'enracinement sont rares. Parmi les premières études, on cite, celles réalisées en foresterie par ABED (1982) sur *Pinus halepensis* et en céréaliculture par DADDI BOUHOUN (1989) sur *Hordeum Vulgare*.

Les études sur l'enracinement du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) et sur les relations entre le développement racinaire et végétatif sont rares à travers le monde et inexistantes en Algérie. La majorité des études sont américaines, effectuées en pots ou dans des profils culturaux près des palmiers dattiers. Les recherches portent sur la chevelure racinaire et l'impact de l'humidité sur l'enracinement (WENT et DARLEY, 1953 ; NIXON, 1958), l'impact de la nappe phréatique sur le développement racinaire (SIMMONS, 1926; WEEKS, 1957; FURR, 1975), et l'impact des conditions hydro-édaphiques sur la densité racinaire (FURR et ARMSTRONG, 1955 ; ARMSTRONG et FURR, 1959).

Le palmier dattier croît mal dans les sols algériens compacts et présentant un mauvais drainage (MONCIERO, 1961). DUTIL (1971) est le premier à signaler que l'enracinement du palmier dattier dans les profils des sols sahariens, à l'exemple de Ouargla, est soumis à un environnement de stress salin, de mauvais drainage et d'encroûtement gypso-calcaire. L'activité racinaire élevée du palmier dattier favorise la concentration de la solution du sol et la précipitation des sels peu solubles. DUBOST (1991) a signalé aussi l'effet néfaste du mauvais drainage au Nord Est du Sahara algérien sur l'enracinement du palmier dattier. Ces régions sahariennes souffrent de problèmes de dégradation des sols à cause de la nappe phréatique peu profonde, de salinité et d'accumulations de sels peu solubles, particulièrement gypseux, qui caractérisent ces zones sahariennes, notamment la région de Ouargla, située au Sahara septentrional.

Ces problèmes, principalement la salinité, constitue un fléau dangereux et une contrainte majeure, qui depuis très longtemps, avait eu des impacts préjudiciables sur le dysfonctionnement de l'oasis de Ouargla, à travers la baisse des rendements du palmier dattier et la qualité des dattes. Dans certaines situations extrêmes, la salinité avait provoqué la mort

Introduction

de beaucoup de palmeraies et la disparition d'oasis entières, faute de mesures appropriées pour limiter la gravité de ce phénomène dangereux et réduire ses conséquences néfastes.

En l'an 2000, les observations réalisées sur des profils de sols à Ouargla, montrent que la nappe phréatique superficielle et la croûte gypseuse limitent la croissance verticale des racines des palmiers dattiers (DADDI BOUHOUN et BRINIS, 2006). La cuvette de Ouargla a connu durant ces dernières années un problème de remontée de la nappe phréatique. Celle-ci est due à la multiplication anarchique des forages, au mauvais drainage des eaux agricoles et à la mauvaise gestion des eaux usées (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975 ; IDDER, 1998). Le drainage reste peu efficace à cause de l'absence d'exutoire (CÔTE, 1998).

Ces constatations sur le terrain et la rareté des travaux de recherche sur l'enracinement du palmier dattier nous ont conduit à adopter cet axe de recherche dans la cuvette de Ouargla. Il vise essentiellement à identifier l'état de dégradation de l'environnement hydro-édaphique et leurs effets sur le développement racinaire, et le potentiel nutritionnel des palmiers dattiers. Le cultivar choisi est la "Déglet-Nour", en raison de son importance économique pour les populations de cette région et pour l'Algérie.

Cette étude sur l'enracinement reste la première dans son genre dans l'ancien monde et la troisième après les études réalisées aux U.S.A. par FURR et ARMSTRONG (1955) et ARMSTRONG et FURR (1959) sur le palmier dattier, de type Khadrawy. Toutefois, ce travail constitue une première en Algérie sur l'enracinement du cultivar Déglet Nour et les interactions nappe-sol-palmier.

A travers cette recherche, il s'agit principalement :

1. d'apprécier la nature des stress hydro-édaphiques de nappes phréatiques, de salinité et d'accumulations en sels peu solubles, leurs effets sur le système racinaire et le potentiel nutritionnel des palmiers dattiers, respectivement par des mesures biométriques racinaires et l'estimation des rendements. Ces derniers reflètent le potentiel nutritionnel et la tolérance des palmiers dattiers à ces stress.
2. de proposer, à la lumière de notre recherche et des connaissances acquises, des échelles de tolérance des palmiers dattiers aux conditions de stress, exprimées par le rendement, et aussi des classifications pour l'enracinement.

Ainsi, ce thème s'insère dans une perspective de recherche-développement, où par notre approche expérimentale, nous espérons réaliser un pas dans la connaissance de l'impact du milieu oasien, hydro-halomorphe et mécanique sur l'écophysiologie du palmier dattier. Les résultats obtenus peuvent servir dans la conception d'une politique d'aménagement environnementale, raisonnée et rationnelle, tenant compte des lacunes, devant être en mesure

d'éviter le dépérissement des palmeraies et d'assurer des rendements en dattes de meilleure qualité.

Notre thèse comporte quatre parties principales, à savoir :

- 1. Première partie :** l'écologie du palmier dattier. Elle se résume en une synthèse bibliographique sur les caractéristiques du palmier dattier et ses exigences écologiques.
- 2. Deuxième partie :** la problématique et le cadre de l'étude. Nous exposons à partir d'une étude bibliographique les causes de la dégradation hydro-édaphique dans les oasis du Sahara algérien, particulièrement le Sud Est, ainsi que les conséquences possibles sur le sol et le palmier dattier, sans omettre une étude sur l'environnement de la cuvette de Ouargla.
- 3. Troisième partie :** les matériels et les méthodes d'études. Elle présente les sites expérimentaux et les méthodologies d'études adoptées.
- 4. Quatrième partie :** elle est inhérente aux résultats et discussions. Elle présente les résultats essentiels obtenus et leurs discussions, selon les objectifs visés. Ils aboutissent à des travaux de classification des rendements, des paramètres racinaires et des profils d'enracinement du palmier dattier.



Première partie

Ecologie du palmier dattier

Chapitre I. Caractéristiques du palmier dattier

1. Taxonomie

Le palmier dattier a été dénommé « *Phoenix dactylifera* L. » par LINNE en 1734, qui veut dire l'arbre du dattier "*Phoenix*" qui porte "fero" des fruits en forme de doigt "dactylus". Il dérive du Grec "Phoinix dactylos", car il est considéré comme l'arbre des Phéniciens avec des fruits en forme de doigt "daktulos". C'est un arbre Angiosperme monocotylédone, appartenant à l'ordre des Palmales, famille des Arécacées et sous-famille des Coryphoïdeae (MOORE, 1973 ; DELEUZE, 1995).

CHEVALIER (1952), divise le genre *Phoenix* en douze espèces, toutes d'origine tropicale et subtropicale chaude de l'Afrique et de l'Asie. *Phoenix atlantica* Chev., appelé faux dattier, présente une proche ressemblance avec *Phoenix dactylifera* L. Selon CHEVALIER (1952) et MUNIER (1962), la population des palmiers dattiers marocains à Merrakech, se compose de 15000 palmiers, de type "maroccana". Ils présentent d'importants critères de ressemblances avec *Phoenix atlantica*, connu comme espèce résistante au bayoud.

2. Origine et distribution géographique

Les experts ne sont pas d'accord sur le pays d'origine du *Phoenix dactylifera*, présentant de nombreux cultivars et une population d'environ 100 millions à travers le monde (MUNIER, 1974 ; DELEUZE, 1995). Les études archéologiques et paléontologiques ont fourni certaines indications sur le centre d'origine du palmier dattier. Les premières découvertes du genre *Phoenix* étaient dans les sédiments Eocène du bassin parisien et dans les jeunes couches du tertiaire au centre et au sud de l'Europe. KAUL (1951), conclut sur cette base que *Phoenix dactylifera* est une espèce à la base d'origine européenne plutôt que asiatique. L'Afrique du Nord, le Moyen-Orient et le Sud de l'Asie étaient au-dessous du niveau de la mer dans la période du tertiaire.

La culture du palmier dattier a probablement commencé dès l'âge Néolithique (MUNIER, 1953). Elle s'est développée pratiquement de façon simultanée dans différents endroits, entre l'Atlantique et l'Inde. Les traces de cultures trouvées à l'Ouest de l'Inde, datent du 3^{ème} millénaire avant J.C. (CHEVALIER, 1952). Il est cultivé depuis la haute antiquité en Egypte et en Mésopotamie, environ 5000 ans avant J.C. Actuellement, son aire de culture s'étend dans les zones arides et semi-arides chaudes, allant de la vallée de l'Indus à l'Est jusqu'aux côtes atlantiques à l'Ouest. Ces zones possèdent environ 90 % du nombre total de palmiers et donnent l'essentiel de la production mondiale (DJERBI, 1994).

Les limites extrêmes de la phoeniciculture s'étendent sensiblement entre 10° de latitude Nord (Somalie) et 39° de latitude Nord (Espagne et Turkménistan). Les zones les plus favorables semblent comprises entre le 24° et le 34° de latitude Nord (GIRARD, 1961). L'espèce *dactylifera* est localisée en Europe méditerranéenne, en Afrique et en Asie occidentale (OUDEJANS, 1969). D'autre part, Il a été introduit en Australie (FONTENEY et FONTENEY, 1960) et aux Etats-Unis d'Amérique, notamment au sud de la Californie, 33° de latitude Nord, où beaucoup de recherches ont été réalisées sur le palmier dattier (NIXON, 1959).

2.1. Palmeraies du monde

Le monde arabe est le berceau de la culture du palmier dattier, celle-ci fait partie intégrante de la vie sociale, culturelle et économique des populations. Au moyen orient, la culture du palmier dattier en Iraq est très ancienne. La datte est l'aliment principal dans cette région. Le nombre de palmiers en 1926 est estimé à 30 millions de palmiers dattiers (DOWSON, 1926). L'Irak occupe la première place au niveau mondial avant les pays suivants : Egypte, Iran, Arabie Saoudite, Pakistan, Algérie, Yemen, Soudan, Maroc, Libye, Oman, Tunisie, Bahreïn, Mauritanie, Somalie et Koweït (DJERBI, 1994). La culture du palmier dattier est bien développée en Egypte. Cette culture date de 3200 A.J. (CRUESS, 1940). Cette spéculation a pris de l'importance à partir du temps de la reine Hatsu, 1450 A.J. (MASON, 1924). Dès 1914, les américains ont importé de ce pays des cultivars, comme "Saidy" et "Hayany" (SWINGLE, 1924).

Au Maghreb, la culture du palmier dattier occupe une place importante dans le système agro-oasien, notamment en Algérie, Maroc, Tunisie et en Mauritanie (NIXON, 1950 ; NIXON, 1952). En Tunisie, elle a pris de l'importance durant la période coloniale, notamment pour la "Déglet-Nour", "Horra" et "Kenta". Le nombre de cultivars est supérieur à 100 (HODGSON, 1932). Par ailleurs, en dehors de l'Algérie, on enregistre la création d'une station expérimentale du palmier à Kankossa en Mauritanie et une autre à Ksar-Es-Souk au Maroc (GIRARD, 1961). Les Marocains accordent beaucoup d'importance à la culture du palmier dattier. Mais, malheureusement cette culture n'a pas trouvé un environnement idéal pour prospérer à cause de la maladie du Bayoud. D'après SWINGLE (1945), cette maladie existe avant 1927. Les américains ont importé du sud marocain, malgré ce fléau, le cultivar "Medjhou". Il a été planté en premier à la ferme d'Indian au sud de Nevada en 1927, puis à Indio en Californie.

On enregistre encore de part le monde un certain nombre d'oasis à caractère agricole, expérimental et ornemental, notamment à Elche en Espagne et dans les pays, tels que : Mali,

Niger, Tchad, Palestine, Argentine et Afrique du Sud. Les Etats-Unis d'Amérique est un pays précurseur dans les recherches sur le palmier dattier, à travers ses nombreuses stations expérimentales, notamment celles installées en Californie (GIRARD, 1961 ; DJERBI, 1994).

2.2. Palmeraies algériennes

Le palmier dattier au Sahara algérien occupe une place primordiale dans la vie économique, sociale et culturelle des populations oasiennes, depuis les temps les plus anciens. L'étude de l'évolution de la culture du palmier dattier en Algérie, depuis plus d'un siècle, montre qu'il y a une extension des oasis, grâce aux forages d'eau réalisés (VILLE, 1872). Il existe en Algérie une diversité dans les types de cultures du palmier dattier (MONCIERO, 1947).

Les travaux de recherche en Algérie sur le palmier dattier ont commencé avec la création en 1881, de la Société Agricole et Industrielle du sud algérien. Elle a créé des plantations à Ourir (région de Djamâa). La création du chemin de fer en 1914 à Oued Rhir a permis le développement de belles plantations, surtout entre 1957 et 1961 avec l'utilisation des eaux de la nappe albienne. Pour connaître la biologie et les exigences du palmier dattier, deux stations expérimentales ont été créées en 1920 à (GIRARD, 1961) :

- El-Arfiane, à 60 Km au nord de Touggourt (région de l'Oued Rhir).
- Aïn Ben-Noui, à 9 Km à l'ouest de Biskra.

Les premières recherches sur l'étude de l'impact de la fumure et de la salinité ont été réalisées dans ces deux stations et aussi dans quelques palmeraies de l'Oued Rhir (Touggourt, Sidi Mahdi, Tamerna). La région de Touggourt est considérée comme le berceau de la "Déglet-Nour". Elle a été signalée dans cette région au début du dix-septième siècle (NIXON, 1950). Ce cultivar est vieux d'environ 350 ans. Il est le plus cultivé au Sahara algérien et tunisien (RYGG, 1971). Il a été introduit aux U.S.A. en 1900 (SWINGLE, 1904 in RYGG, 1971).

Après l'indépendance, la recherche a été prise en charge par le ministère de l'agriculture par ces structures de recherche. Ces dernières sont l'institut national de la recherche agronomique algérien (INRAA) et l'institut technologique de développement de l'agriculture saharienne (ITDAS), en reprenant les stations coloniales et aussi la création de nouvelles stations de recherche dans le sud algérien.

2.3. Palmeraies américaines

Les Etats-Unis d'Amérique ont donné beaucoup d'importance au palmier dattier. Ils ont créé beaucoup de palmeraies à des fins expérimentales et économiques. La phoeniculture s'étend du 33° au 35° de latitude Nord (GIRARD, 1961). D'après NIXON

(1959), les américains se penchaient sur l'étude du palmier dattier dès 1883 par KLEE, TOUMEY (1898), SWINGLE (1901) et FAIRCHILD (1903). D'après GIRARD (1961), les premières introductions de palmiers dattiers en Arizona datent de 1889 (Jardin expérimental de Phoenix), mais le sol et surtout le climat n'étant pas favorables. Finalement, au début de ce siècle, deux palmeraies expérimentales furent établies dans la vallée de Coachella en Californie (DRUMMOND, 1919 ; ARMSTRONG, 1960): une à Mecca en 1904 par l'office des plantes industrielles du Département de l'Agriculture des Etats-Unis, avec la coopération du Département de l'Horticulture de l'université de Californie, et l'autre à Indio en 1907 par le même office. Une troisième palmeraie expérimentale a été établie plus tard à Coachella.

BERNARD G. JOHNSON est considéré par les américains comme étant le pionnier dans la culture du palmier dattier. Le nombre de palmiers issus de grains et qui ont été plantés entre 1909 et 1913 est estimé à 3010800 palmiers dattiers. En 1913, POPENOE et ses associés ont importé de l'Algérie environ 5000 "Djebbars" et 9000 de la Perse. Les agriculteurs ont formé une association à Coachella Valley, elle a importé entre 1913 et 1915 environ 14000 "Djebbars", dont la majorité est constituée de "Déglet-Nour" (POPENOE, 1913 ; PAUL, 1924). Le recensement effectué en 1969 à Coachella Valley par HALSEY et STONE (1969) montre qu'il y a en tout 287 propriétés et 174948 palmiers dattiers sur une superficie de 1474,51 ha.

D'après NIXON (1971), les principales importations commerciales de "Djebbars" vers les Etats-Unis d'Amérique proviennent de l'Algérie, l'Egypte et l'Iraq. Les palmiers ont été importés d'Afrique et d'Asie, essentiellement de l'Algérie, la Tunisie, l'Egypte, l'Iraq et l'Iran (KHALIFA, 1996). Les palmiers "Déglet-Nour" importés de l'Algérie proviennent essentiellement de la région de l'Oued Rhir (NIXON, 1950).

Le palmier est cultivé aussi à Yuma et Tempe en Arizona (METZLER, 1925), à Rio Grande Valley, au sud ouest du Texas (WOOD et MORTENSEN, 1938), et à Bard en Arizona (POWERS, 1945 in NIXON, 1959; ABDUL-BAKI et al., 1998). Les jardins de palmiers en Arizona ont été plantés entre 1920 et 1932. La culture du palmier dattier avant son extension, est passée par une période de recherche entre 1890 et 1920 (HIGEMAN, 1972). La culture des palmiers a été combinée avec celle des citronniers. POPENOE est le premier qui a proposé et qui a pratiqué cette combinaison en Californie, en s'inspirant des pratiques culturales en Mésopotamie et en Egypte (WEBBER, 1933).

Des rapports annuels établis par des chercheurs sur Coachella Valley sont publiés par Date Growers' Institute, 54 numéros de 1924 à 1976 et 1979. Actuellement, les fermes de ces régions sont transformées en parcs de loisirs et plusieurs cliniques ont vu le jour à Coachella

Valley, utilisant les dattes comme moyen de traitement contre certaines maladies.

De plus, dès 1903, des chercheurs américains, relativement nombreux se pencheraient sur les problèmes des techniques culturales, notamment la nutrition minérale et la salinité. La phoeniciculture américaine s'est signalée dès son départ, par son caractère dynamique et ses conceptions rationnelles en matière de techniques culturales (GIRARD, 1961).

3. Morphologie

3.1. Système racinaire

3.1.1. Types de racines

Le système racinaire du palmier dattier est de type fasciculé (DJERBI, 1994) avec une ramification basale selon le modèle de TOMLINSON (BOUNAGA, 1991 in BABAHANI, 1998). Il est formé de racines de premier ordre qui émettent très tôt des racines de deuxième ordre qui émettent à leur tour des racines de troisième ordre et ainsi de suite. La répartition et la morphologie des racines sont comme suit (DJERBI, 1994):

- ✓ Les racines de premier ordre "auxirhyzes", sont sensiblement cylindriques sur toute leur longueur ; leur extrémité conique ne présente jamais de poils absorbants ; elles prennent toutes naissance à la base du stipe, leur longueur est en moyenne de 4 à 10 m. leur diamètre varie entre 7 et 12,5 mm. Ces racines forment un tapis qui couvre de grandes superficies.
- ✓ Les racines de deuxième ordre "mésorhyzes", sont portées par les racines de premier ordre ; elles ont une longueur variant entre 20 et 25 cm et un diamètre moyen de 3,5 mm. Elles présentent une morphologie et une structure identiques à celles des racines de premier ordre,
- ✓ Les racines de troisième ordre "brachyrhizes", portées par les racines de deuxième ordre ont un diamètre de quelques dixièmes de millimètres à 1,5 mm. Ce sont des racines à croissance lente, courtes et très abondantes.

Toutes les racines peuvent présenter des pneumatodes qui sont des organes à vocation respiratoire ; ils se présentent sous forme de petites plaques et verrues farineuses sur les racines. Ils sont facilement reconnaissables en palmeraie par leur forme en anneaux farineux blanchâtre ; au microscope, ils se présentent sous forme de tissus parenchymateux éclatés qui n'occupent pas toujours la même position chez les différentes racines (DJERBI, 1994).

3.1.2. Description anatomique

Une racine âgée de premier ordre, présente de l'extérieur vers l'intérieur la structure suivante (DJERBI, 1994):

- a. Un rhizoderme à parois épaisses et subérifiées,

- b.** Un subéroïde formé par 6 à 8 assises cellulaires à parois épaisses et subérifiées,
- c.** Un sclérenchyme formé par 6 à 9 assises cellulaires à parois très épaisses et lignifiées,
- d.** Un parenchyme cortical dans lequel on distingue trois zones :
 - 1. Un parenchyme cortical externe, formé par une dizaine d'assises cellulaires à parois minces et cellulósiques,
 - 2. Un parenchyme cortical moyen, formé par une cinquantaine d'assises cellulaires à parois minces et cellulósiques, et contenant des lacunes et des fibres,
 - 3. Un parenchyme cortical interne, formé par 6 à 10 assises cellulaires à parois formé par 6 à 9 assises cellulaires à parois cellulósiques, mais plus épaisses que celles des autres parenchymes,
- e.** Un endoderme dont les parois cellulaires sont très épaisses et subérifiées,
- f.** Un cylindre central constitué par :
 - 1. Un péricycle formé de deux assises à parois cellulaires épaisses et lignifiées,
 - 2. Des tissus conducteurs groupés en faisceaux de phloème à différenciation centripète, alternent avec des faisceaux de xylème à différenciation centripète également,
 - 3. Un sclérenchyme formé par une quarantaine d'assises cellulaires à parois très épaisses et lignifiées.

3.1.3. Zones d'enracinement

D'après MUNIER (1973), le système racinaire du palmier dattier se développe entre 12 et 20 m de profondeur. Il présente en fonction de la profondeur quatre zones d'enracinement (Fig. I 1) :

- I.** Zone respiratoire,
- II.** Zone de nutrition,
- III.** Zone d'absorption,
- IV.** Zone d'absorption profonde.

3.1.3.1. Racines respiratoires

Les racines respiratoires sont localisées au pied du palmier dattier, comportant de nombreuses racines adventives aériennes qui se développent à partir de la région basale du stipe (MUNIER, 1973). Elles émergent jusqu'à 1,5 m au dessus du sol (PEYRON, 2000). Les racines respiratoires souterraines ne dépassent pas de 0,20 à 0,25 m de profondeur (MUNIER, 1973), et s'étendent au maximum à 0,5 m du stipe (OIHABI, 1991 in DJERBI, 1994).

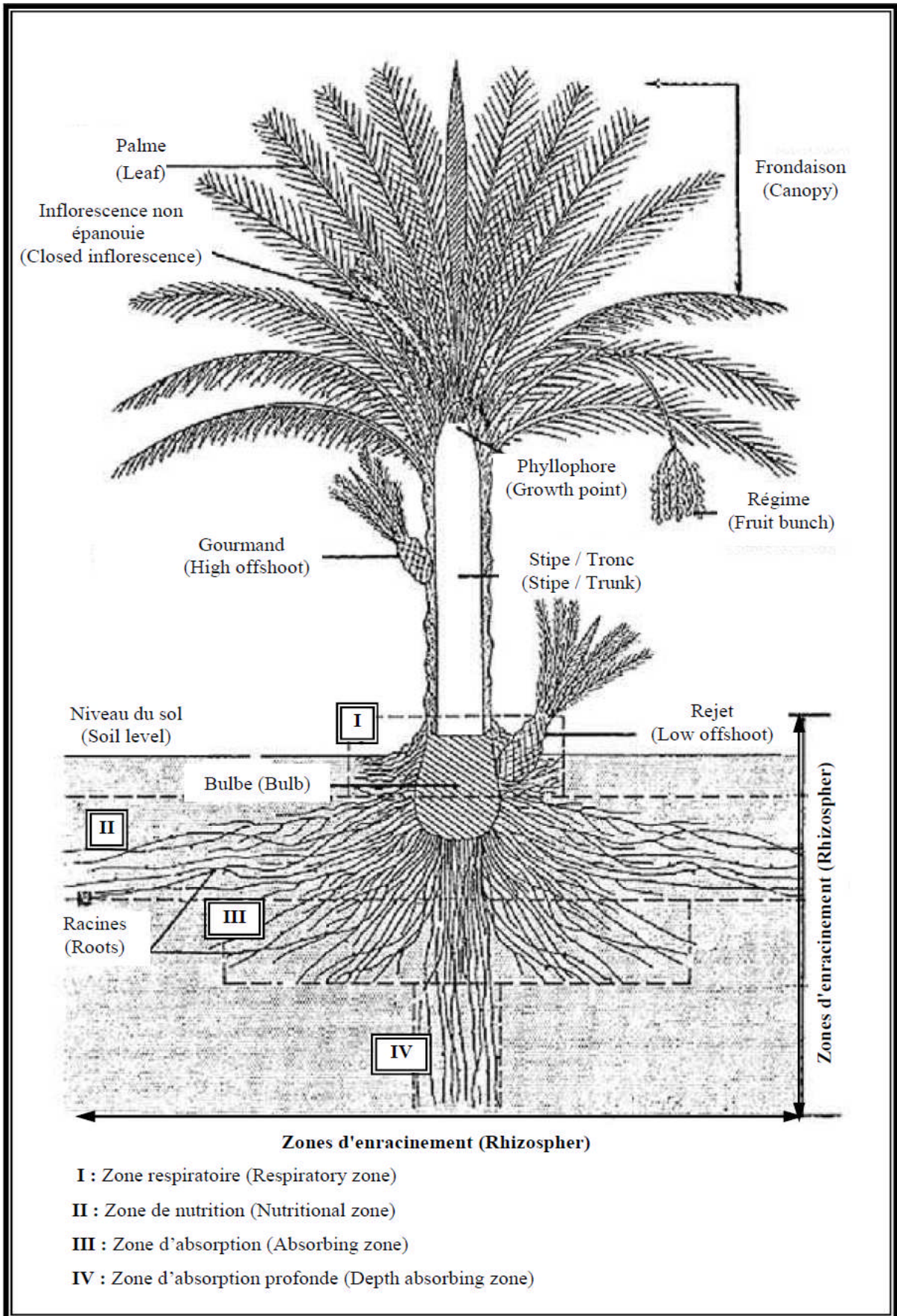


Figure I 1. Morphologie bilingue du palmier dattier sur schéma de MUNIER (1973)

Les racines respiratoires comportent de nombreuses racines de premier et de deuxième ordre. Les premières prennent naissance de la région basale du stipe et les deuxièmes naissent à partir des premières. La plupart de ces racines ont un géotropisme négatif et jouent un rôle respiratoire grâce à la présence de nombreux méats aérifères ou lenticelles qui permettent les échanges gazeux avec l'air de l'atmosphère du sol (MUNIER, 1973).

3.1.3.2. Racines de nutrition

Les racines de nutrition se développent dans un horizon, allant de 0,20 m jusqu'à 1,20 m (MUNIER, 1973 ; OIHABI, 1991 in DJERBI, 1994 ; PEYRON, 2000), et s'étendent souvent au-delà de la zone de projection de la frondaison, d'où l'importance des grandes cuvettes ou planches d'irrigation, aux pieds des palmiers dattiers (PEYRON, 2000). Cette zone racinaire est très étendue et contient la plus forte proportion de racines de premier et de deuxième ordre. La densité des racines de premier ordre est importante, plus de 1000 racines au m² et plus de 1,6 g de racines pour 100 g de sol. Les racines de nutrition présentent une faible inclinaison au fur et à mesure de l'éloignement du stipe (OIHABI, 1991 in DJERBI, 1994).

3.1.3.3. Racines d'absorption

Les racines d'absorption ont pour fonction de chercher l'eau (PEYRON, 2000). Elles sont plus ou moins importantes selon le mode de culture et la profondeur de la nappe phréatique. La densité racinaire de premier ordre baisse énormément où leur densité est estimée 200 racines au m² (OIHABI, 1991 in DJERBI, 1994). Elle se trouve dans un horizon, qui va de 1 à 2 m de profondeur (OIHABI, 1991 in DJERBI, 1994 ; PEYRON, 2000).

3.1.3.4. Racines d'absorption profonde

Les racines d'absorption profonde constituent un faisceau pivotant avec un géotropisme très prononcé. Ils ont pour rôle la recherche de l'eau en profondeur du sol. Elles se trouvent dans une profondeur variable entre 1 et 17 m (PEYRON, 2000).

3.1.4. Développement racinaire

Il est connu que le système racinaire du palmier dattier est extensif. La profondeur racinaire augmente avec la croissance du palmier. Les racines vivent très longtemps. Le développement est vertical et en même temps latéral. Les racines de nutrition sont localisées dans les jeunes racines et ils ont une vie courte. Les palmiers dattiers adultes présentent un enracinement de 3 à 12 m de profondeur (SIMMONS, 1926). L'allongement horizontal des racinaire, à partir du stipe est supérieur à 7 m, pour une profondeur racinaire, dépassant 6 m (FONTENEY et FONTENEY, 1960).

Il y a peu d'études sur l'enracinement du palmier dattier. Les racines sont très

tolérantes à l'élévation de l'humidité dans le sol. Le palmier n'a pas la capacité de former une chevelure racinaire, il peut donc s'adapter à une humidité permanente dans le sol. Cette aptitude a été remarquée dans les oasis où les eaux phréatiques sont proches de la surface du sol. Dans ces conditions, la chevelure racinaire n'est pas nécessaire pour l'absorption de l'eau (WENT et DARLEY, 1953).

La distribution spatiale et l'importance du système racinaire du palmier dattier dépendent des cultivars, des caractéristiques du sol, du mode de culture et de la profondeur de la nappe phréatique. Le développement des racines est influencé par le taux humidité. Les racines émettent de nombreuses radicelles dans les endroits à forte humidité, près des canaux d'irrigation, des drains et des puits (DJERBI, 1994).

Le développement des racines d'absorption de profondeur augmente avec la profondeur de la nappe phréatique et peut se confondre avec celle de la zone III lorsque la nappe phréatique est superficielle. Cependant, en nappes très profondes, ces racines peuvent atteindre de grandes profondeurs (OIHABI, 1991 in DJERBI, 1994). Le pivot des racines d'absorption est quasi inexistant si la conduite de la culture permet une absorption suffisante au niveau des racines de nutrition et d'absorption (MUNIER, 1973).

Les rejets mis en terre "Djebbars", développent leurs racines dans la zone II puis III. Leur longueur peut atteindre facilement 1 m à la première année de plantation et plus de 3 m à la deuxième année de plantation (DJERBI, 1994). La technique de séparation des Djebbars des pieds mères nécessite une grande habileté et beaucoup de soins. Le Djebbar avec un système racinaire peut vraisemblablement croître après sa séparation du plant mère, l'enracinement est stimulé avant séparation. Il est préférable de laisser le rejet se développer dans le plant mère pendant 3 à 5 années, ou plus, avant séparation (MUNIER, 1955 ; LEFEVRE, 1962 ; NIXON, 1959). La technique adéquate consiste à cultiver les Djebbars dans une pépinière 12 à 18 mois avant de les transplanter au champ (NIXON, 1959).

3.2. Système végétatif

3.2.1. Stipe

Le palmier dattier est une plante arborescente à tronc monopodique, de forme cylindrique à tronconique. Il reçoit souvent le nom de stipe (Fig. I 1). Il a un port élancé, de couleur brune, lignifié et non ramifié. L'élongation du palmier dattier se fait dans sa partie coronaire grâce au bourgeon terminal ou phyllophore (DJERBI, 1994). La croissance en hauteur dépend de plusieurs facteurs liés au cultivar et l'environnement. En général, les palmiers dattiers mâles croissent plus rapidement que les palmiers femelles (OUDEJANS, 1969). Le stipe atteint 30 à 40 m de long et l'élongation est d'environ 20 à 30 cm par an, elle

est continue grâce à l'activité du méristème apical (BOUGUEDOURA, 1991). L'accroissement en épaisseur du stipe est assuré par un cambium extrafasciculaire qui disparaît très tôt. Il peut présenter des zones de rétrécissement qui résultent de défauts de nutrition ayant entraîné le développement anormal du phyllophore. Les rétrécissements correspondent à des périodes de sécheresse ou accidents divers (DJERBI, 1994). Le diamètre du stipe dépend des facteurs écologiques et de la conduite. Il mesure environ 40 à 90 cm (HUSSEIN et al., 1979). Le stipe des jeunes palmiers est recouvert par le fibrillum "Lif" qui ne persiste à l'état adulte que dans la partie coronaire. Le stipe peut donner naissance à des ramifications dans le cas où il développe des gourmands ou rejets aériens "Rkebs" (DJERBI, 1994).

3.2.2. Palmes

La partie coronaire du palmier dattier est constituée de feuilles appelées palmes (Fig. I 1). Elles sont composées et pennées. Les folioles ou pennes sont disposées obliquement sur le long du rachis (Fig. I 2). Les segments inférieurs sont transformés en épines (MUNIER, 1973). Il y a trois sortes de palmes de l'extérieur, au centre et au cœur de la couronne du palmier dattier. Ils sont respectivement des palmes adulte, vert assimilatrices, des palmes semi-juvéniles, vert en cours d'élongation et des palmes juvéniles, de couleur blanche non encore assimilatrices (BOUGUEDOURA, 1983). Ces dernières ne synthétisent pas assez de substances organiques pour répondre à leurs propres besoins de croissance (MAZALIAK, 1981).

Les palmes sont insérées sur le stipe par un pétiole épais et bien développé "Cornaf". Le rachis de la palme est long et dur ; il est convexe à sa face inférieure et en gouttière à sa face supérieure. Les palmes peuvent mesurer de 2 à 6 m de long selon les cultivars, l'âge du palmier et les conditions culturales (DJERBI, 1994). Elles sont disposées sur le stipe en hélice et demeurent en activité pendant plusieurs années, de 3 à 7 ans, puis elles jaunissent, se dessèchent et meurent (MUNIER, 1973). Leur déclin peut être influencé par un défaut de nutrition, résultant d'un mauvais état phytosanitaire, ou par des conditions climatiques défavorables. Le palmier dattier peut produire de 20 à 30 palmes par an (DJERBI, 1994). A l'aisselle de chaque palme se trouve un bourgeon axillaire qui peut se développer pour donner naissance à une inflorescence ou un gourmand (BOUGUEDOURA, 1979). La production des bourgeons inflorescentiels et végétatifs varie avec l'âge des palmiers dattiers. Ils sont essentiellement inflorescentiels en phase de développement adulte (BOUGUEDOURA, 1979 et 1983). En général, le palmier dattier peut porter 50 à 150 palmes actives (DJERBI, 1994). Un palmier adulte, en bon état, peut avoir entre 100 à 125 palmes actives (MASON, 1915).

3.2.3. Organes floraux

Le nombre de chromosomes de $n = 18$, $2n = 36$ (diploïde), est observé sur six espèces de *Phoenix* et dix cultivars de *Phoenix dactylifera* (BEAL, 1937). Des cas de polyplôïdie ($2n = 64$) ont été signalés par AL-SALIH et AL-RAROUI (1987 in DJERBI, 1994) sur des cultivars irakiens de palmier dattiers. Il est dioïque, les inflorescences mâles et femelles sont portées par des palmiers différents, elles sont en forme de grappes d'épis de 0,25 à 1 m de long, provenant du développement des bourgeons situés à l'aisselle des palmes, apparus depuis un an. Les fleurs du dattier sont unisexuées, pratiquement sessiles, à pédoncule très court. Elles sont portées par des pédicelles rassemblés en épi composé appelé spadice (Fig. I 2). Ce dernier est enveloppé dans une bractée appelée spathe, elle s'ouvre d'elle-même suivant la ligne médiane du dos (DJERBI, 1994).

Les pieds femelles présentent des spathes étroites, allongées, pouvant atteindre 1,2 à 2 m de long, éclatent longitudinalement, une hampe florale peut compter de 25 à 100 épis (OUDEJANS, 1969). La période de réceptivité des fleurs femelles au pollen varie selon le cultivar. En effet, elle est respectivement pour le cultivar "Ghars" et "Déglet Nour" de 8 et 12 jours après l'éclatement des spathes (BABAHANI, 1998). Mais les spathes mâles sont plus gonflées de 25 à 60 cm de long, avec une légère dépression dans la partie supérieure, une hampe florale peut compter de 100 ou 150 épis (OUDEJANS, 1969). Huit à dix milles fleurs, ont été observées dans une très grande inflorescence femelle, et un grand régime peut contenir plus de 5000 dattes (NIXON, 1935).

La fleur femelle est globulaire, constituée d'un calice court, capuliforme, à trois pointes, formé de trois sépales soudés (calice gamosépale) et d'une corolle formée de trois pétales ovales, arrondies et libres (corolle dialypétale à préfloraison tordue) et dix étamines avortées ou staminoïdes. Le gynécée comprend trois carpelles indépendants à un seul ovule anatrophe, chacun est inséré à la base de l'ovaire et possède trois styles libres, se terminant chacun par un stigmate papillé. La fleur mâle présente une forme allongée, composée d'un calice court et cupuliforme, tridenté, formée de trois sépales soudés, d'une corolle formée de trois pétales légèrement allongés, se terminant en pointe et de deux verticilles de trois étamines (androcée displostémone). Les six étamines sont réduits à leurs anthères qui sont à déhiscences dextroses (MUNIER, 1973). BOUGUEDOURA (1991) a mis en évidence la présence de trois pseudo carpelles chez les fleurs mâles.

Les fleurs mâles et femelles se ressemblent au début de leur autogénèse, elles sont hermaphrodites, ensuite, la différenciation morphologique débute, lorsque l'élongation des étamines se réalise en différenciant les sacs polliniques (DE MASON et al., 1983).

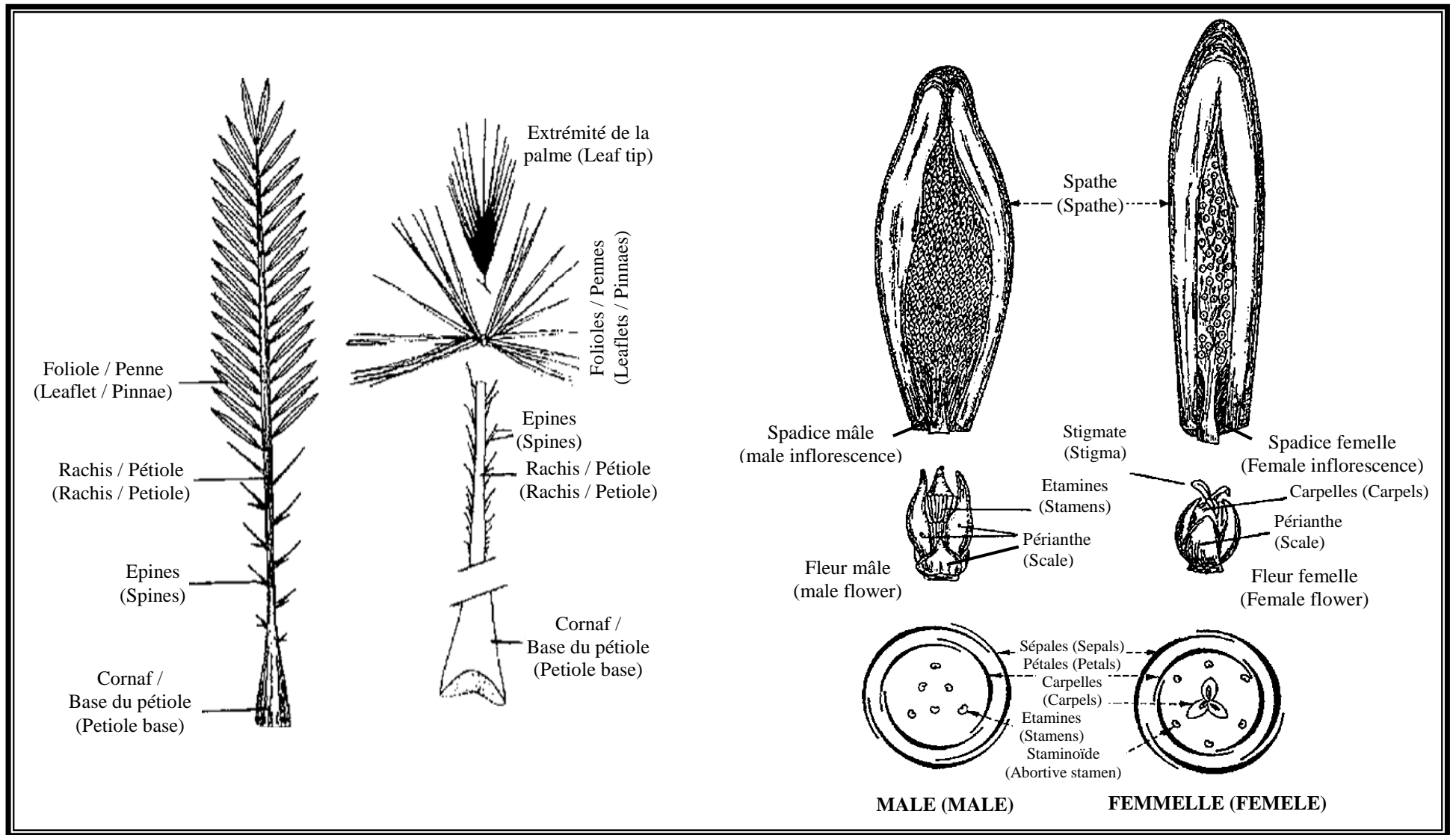


Figure I 2. Morphologie bilingue des palmes et des inflorescences sur schéma de MUNIER (1973)

3.2.4. Fruits

La datte est une baie, contenant une seule graine sous forme de noyau, un mésocarpe charnu, protégé par un fin péricarpe, sa couleur et sa consistance sont fonction des caractéristiques variétales et la métaxénie. Cette dernière est l'effet des pollens sur quelques caractéristiques morphologiques et biochimiques des dattes (OSMAN et al, 1974 ; BOUGHEDIRI, 1994).

Le noyau est de forme cylindrique, étroit et oblongue, 2,5 cm de long (OUDEJANS, 1969). L'endocarpe se présente sous la forme d'une membrane très fine entourant le noyau. Ce dernier est lisse ou pourvue de protubérances latérales en arêtes ou ailettes, avec un sillon ventral assez profond et un embryon dorsal dur formant un ensemble globulaire en dépression protégé par un albumen dur et corné, de nature cellulosique. Dans le cas d'absence de fécondation, les carpelles peuvent se développer pour donner un fruit pathénocarpique dépourvu de noyau et arrivant rarement à maturité. Le poids, la dimension, la forme, la couleur et la consistance de la datte à maturation, issue de fécondation, varient selon les cultivars et les conditions de culture. La datte peut être molle, demi-molle, demi-sèche et sèche (DJERBI, 1994). La datte fécondée passe par différents stades avant la maturité :

- I. Stade LOULOU ou HABABOUK au Moyen Orient :** il dure 4 à 5 semaines. La datte est de couleur variable, blanc verdâtre à jaunâtre (MUNIER, 1973). Elle est de la taille d'un pois, de forme ovoïde, présentant une pointe en apex, puis elle s'allonge vers la fin du stade II (HUSSEIN et al., 1979).
- II. Stade KHALAL ou KIMRI au Moyen Orient :** il est le stade le plus long. La datte atteint sa longueur et son poids maximums et elle devient de couleur vert vif et de goût âpre (MUNIER, 1973).
- III. Stade BSER ou KHALAL au Moyen Orient :** il dure 3 à 5 semaines. Le poids de la datte à ce stade présente une évolution lente et son goût est sucré (HUSSEIN et al., 1979). La couleur de la datte vire du vert au jaune, au rouge ou au brun selon les cultivars (MUNIER, 1973).
- IV. Stade MARTOUBA ou ROUTAB au Moyen Orient :** la datte à ce stade, perd peu à peu sa turgescence. Elle change de couleur selon les cultivars. La couleur devient rouge, brun ou marron avec un aspect plus ou moins translucide. Pour certains cultivars demi-molles et sèches, ce stade est absent, la datte peut passer du stade III au stade V (DOWSON et ATEN, 1963 ; HUSSEIN et al., 1979).
- V. Stade TMAR :** c'est le stade final de la maturation de la datte, où elle perd une quantité importante d'eau (DOWSON et ATEN, 1963). La couleur de la datte devient

foncée chez les cultivars de dattes molles et demi-molles, et est claire chez les cultivars de dattes sèches (HUSSEIN et al., 1979 ; DUBOST, 1991).

La durée de fructification varie en général entre 120 et 200 jours, entre mai et octobre (MUNIER, 1973). En zone sahélo-soudanaise, le cycle de fructification des palmiers dattiers est perturbé en raison des facteurs thermiques. Nous observons deux cycle de fructification (DJERBI, 1994) :

1. 1^{er} cycle court, d'une duré de 130 à 150 jours, et entre février et juin,
2. 2^{ème} cycle long, d'une duré de 180 à 200 jours, et entre octobre et mars.

Un essai au Niger montre que le palmier dattier, de type "Fari" donne deux récoltes par an (HAURY, 1982).

En général, les palmiers dattiers peuvent produire de 10 à 30 régimes de dattes par an. Il arrive généralement à la phase de production entre l'âge de 10 à 12 ans. Le meilleur rendement est enregistré entre l'âge de 20 à 50 ans. Les dattes peuvent avoir entre 3 et 8 cm de long, de forme, de couleur et de saveur variables (OUDEJANS, 1969). Le rendement peut dépasser 100 kg de dattes par palmier (DJERBI, 1994). La composition chimique et biochimique des fruits change avec les stades de développement (SAWAYA et al., 1982). Les jeunes dattes peuvent avoir environ 85 % d'eau ou plus par rapport au moment où elles atteignent une taille maximum. Les sucres réducteurs constituent environ 40 à 97 % des sucres totaux. Leurs taux restent élevés au cours des premiers stades de croissance des dattes, puis ils diminuent rapidement, par rapport à l'accumulation du saccharose, vers le stade Martouba. A ce stade, le saccharose représente dans le cultivar Déglet Nour environ 71 % des sucres totaux (ASHMAWI et al., 1956 ; RYGG, 1975).

Chapitre II. Exigences écologiques du palmier dattier

1. Exigences climatiques

Le palmier dattier est cultivé dans les régions arides et semi-arides chaudes du globe. Ces régions sont caractérisées par des été chauds et longs, une pluviosité faible ou nulle et un degré hygrométrique faible (DJERBI, 1994).

1.1. Températures

Le palmier dattier est une espèce thermophile, son comportement par rapport à la température est comme suit (MUNIER, 1973 ; DJERBI, 1994) :

- ☒ L'activité végétative débute, zéro de végétation, à 7° C et au-dessous de celle-ci, le palmier rentre en repos végétatif,
- ☒ Les températures au-dessous de 0° C entraînent des désordres métaboliques graves, se traduisant par un dessèchement partiel ou total des palmes. L'extrémité des palmes jaunissent et se dessèchent à - 6° C. Les palmes se dessèchent dans la partie centrale de la couronne, couronne moyenne et extérieure, couronne externe. L'exposition prolongée à ses basses températures provoque la gelée et le dessèchement total des palmes, mais le bourgeon apical résiste au gel grâce à la protection du fibrillum,
- ☒ L'intensité de végétation atteint son maximum à 32° C et décroît vers 38° C à 40° C,
- ☒ La somme des températures nécessaires à sa croissance est de 4500° C à 5000° C,
- ☒ Le zéro de floraison varie avec les cultivars et les conditions climatiques locales. La floraison se déclenche selon les régions de février à avril, où la température est comprise entre 17° C et 24° C,
- ☒ La nouaison des fruits se fait à des températures journalières supérieures à 25° C,
- ☒ La somme des températures nécessaire à la fructification, indice thermique, est variable selon le cultivar et les régions de cultures. Elle est de 792° C à Elche, en Espagne, et comprise entre 990° C et 1860° C en Afrique du Nord. Enfin, elle peut être de 1872° C au Basra, en Irak.

1.2. Pluviométrie

La pluie qui est souvent hivernale en zones arides et semi-arides méditerranéennes, est généralement bénéfique en palmeraie. Celle-ci, en plus de l'apport hydrique, elle élimine les remontées salines en surface. Cependant, les pluies intempestives d'automne et de printemps peuvent entraîner des dégâts très importants au moment de la floraison et de la maturation des dattes. Au printemps, pendant la période de pollinisation, la pluie peut entraîner le pollen avant qu'il ait joué son rôle (DJERBI, 1994).

1.3. Humidité

Le palmier dattier est sensible à l'humidité relative de l'air pendant la période de la floraison et de fructification. Les fortes humidités provoquent la pourriture des inflorescences et l'engorgement en eau, le noircissent, la pourriture et la chute des dattes. Ces dernières perdent leur valeur marchande. L'humidité relative de l'air de 40,7 % et 43,5 %, respectivement à Biskra et Touggourt, favorise la production de dattes Déglet Nour de meilleure qualité par rapport aux régions côtières du sud tunisien, de forte humidité estimée à 60 %. Aussi, l'élévation de l'humidité favorise l'apparition de certaines maladies foliaires (*Graphiola phoenicis* Moug. Poit) et la réduction ou l'absence d'autres maladies (Boufaroua). Cependant, les humidités faibles favorisent l'augmentation des ravageurs et l'absence des champignons. La vitesse de maturation des dattes augmente, devenant sèches et dures (MUNIER, 1973 ; AMIN, 1990 ; DJERBI, 1994).

1.4. Vents

Au Sahara, la fréquence des vents est faible par rapport aux autres régions du globe. Toutefois, la faible densité de végétation entourant les oasis, fait que les vents à l'intérieur de celles-ci arrivent avec une force élevée. Les vents fréquents n'affectent pas le développement des palmiers dattiers, mais ils ont des effets néfastes sur l'agro-système oasien. Ils sont d'ordre mécanique traumatisant et desséchant, en cas de vents chauds. Aussi, ils peuvent provoquer l'ensablement de certaines oasis, en l'absence de brise-vents. A une certaine vitesse, les vents violents peuvent déraciner les rejets plantés "Djebbars" ou en encore les grands palmiers possédant une grande couronne foliaire (DJERBI, 1994).

2. Exigences édaphiques

Le palmier dattier est peu exigeant en sols, à condition qu'il soit perméable et non compact. Il peut se développer dans différents types de sols des régions arides et semi-arides chaudes. Les sols des palmeraies varient selon les régions.

Les qualités physico-chimiques recherchées pour les sols de palmeraies sont (MONCIERO, 1954 ; MONCIERO, 1961 ; MUNIER, 1973 ; DJERBI, 1994):

- ⊗ La topographie : pour une meilleure association irrigation drainage, le sol doit avoir une pente de 2 à 6 ‰,
- ⊗ La profondeur : le sol doit avoir une profondeur minimale de 1,5 à 2 m,
- ⊗ La perméabilité : le sol doit permettre la pénétration de l'eau à une profondeur de 2 à 2,5 m,
- ⊗ La texture variable : argileuse, limoneuse, sableuse, calcaire ou gypseuse avec une bonne rétention en eau. Les croûtes gypso-calcaires et caillouteuses

doivent être percées avant la mise en valeur. Il faut éviter les sols argileux, compacts et non drainés,

- ⊗ La salinité : le palmier dattier est résistant à la salinité et les problèmes de croissance sont signalés quand la concentration de sels dans la solution des sols dépasse 15 g.l^{-1} ,
- ⊗ Le pH : il doit être neutre ou faiblement alcalin.

La tolérance à la salinité varie en fonction des composantes de celle-ci, des cultivars et de la constitution physique du sol (MUNIER, 1973):

- Les carbonates sont plus nocifs que les chlorures.
- Les cultivars "Ghars" et "Degla-Beïda" sont plus tolérants que la "Déglet-Nour".
- Les sols lourds, d'une manière générale, accusent plus fortement les effets de la salure.

Les renseignements sur la résistance des dattiers aux sels sont peu nombreux et contradictoires (ABAKOUMOV et VAXMAN, 1965). Ils sont orientés sur la tolérance du palmier dattier à la salinité des eaux d'irrigation et à la salinité des sols

2.1. Tolérance à la salinité des eaux d'irrigation

L'eau du sol est considérée depuis 1620, après un test expérimental, comme un aliment pour les plantes. L'irrigation des sols dans les régions arides est essentielle pour l'alimentation des palmiers en eau, en éléments nutritifs et la solubilisation des minéraux. L'humidité du sol doit être suffisante pour permettre une bonne récolte avec une concentration optimum de la solution du sol (SHOWERS, 1927). Les eaux sahariennes ne présentent pas de toxicité directe pour les végétaux en dehors d'une minéralisation globale trop importante. Elles conviennent spécialement aux végétaux halophiles ou tolérant d'une certaine salinité. Elles ont également une action néfaste sur le sol qu'elles enrichissent en sels qui précipitent et finissent par constituer des croûtes. Elles agissent enfin sur le complexe absorbant par leur teneur en Na^+ qui peuvent remplacer les Ca^{++} et provoquer la dispersion des colloïdes (DUBOST, 1991).

Le palmier dattier est un arbre fruitier ayant une grande tolérance à la salinité des eaux d'irrigation apportées par submersion (DJERBI, 1994). Sa résistance peut aller jusqu'à 18 g.l^{-1} (HELLER, 1969). La salure de l'eau baisse le rendement et diminue la qualité de la récolte (MUNIER, 1973) et la croissance du palmier (CARPENTER, 1981).

Des essais d'irrigation conduits à la station d'El-Arfiane (Oued Rhir) avec l'eau de drainage titrant 15 g.l^{-1} (20 à 25 dS.m^{-1}) ont permis de constater la tolérance de certains cultivars, une plantation de jeunes palmiers dattiers est parvenue à l'âge adulte, mais que dans l'ensemble, les rendements et la qualité des fruits étaient moins bons qu'avec des eaux de puits artésiens titrant 7 g.l^{-1} (MUNIER, 1973; DUBOST, 1991).

2.2. Tolérance à la salinité des sols

2.2.1. Degrés de salinité

Les sols salés et alcalins au Sahara sont le résultat des processus suivants (DJERBI, 1994):

- Montée de la nappe phréatique due aux irrigations excessives,
- Utilisation de l'eau à haute teneur en sels,
- Mauvais drainage.

D'après ABAKOUMOV et VAXMAN (1965), les études de SWINGLE (1900) et CHEVALIER (1933) ont montré que la limite supérieure de la tolérance aux sels des palmiers dattiers est de 3 % à 4 % de sels dans le sol, mais ils se développent normalement dans les sols contenant 0,5 % à 0,6 % de sels solubles (SWINGLE, 1900) ou inférieur à 1 % (CHEVALIER, 1933). Cependant, les travaux de ARAR (1975 in DJERBI, 1994) montrent que la limite supérieure de la tolérance, au-dessus de laquelle le palmier dattier cesse de croître, est de 6 % et le dattier se développe normalement dans une salinité de 3 %.

D'après les études effectuées par ROSEAU (1935) et CHEVALIER (1933 in MUNIER, 1973) en Algérie (Touggourt, El-Arfiane, Ain-Ben-Noui et Tamerna), le palmier dattier végète normalement lorsque la concentration saline de la solution du sol est de 10 à 15 g.l⁻¹; au-delà, le palmier commence à dépérir, à 30 g.l⁻¹, il ne produit pratiquement plus et son dépérissement s'accroît. Il meurt à 48 g.l⁻¹. Cependant, des études effectuées en Egypte auraient montré que le palmier dattier végète normalement jusqu'à 20 g.l⁻¹ (MUNIER, 1973).

En Egypte, la tolérance du palmier dattier au sel varie en fonction de la salinité des sols. Le cultivar étudié est "Seewy". Il croît près du lac Karoun au Fayoum. La C.E._e des sols varie de 2,14 à 36,33 dS.m⁻¹. L'augmentation de la salinité des sols provoque la diminution de la production des palmiers dattiers. La production commence à diminuer, quand le seuil de salinité dans le sol atteint une C.E._e de 4,5 dS.m⁻¹. Les palmiers deviennent non productifs lorsque la C.E._e dépasse 23,2 dS.m⁻¹, les palmiers restent vivants avec des symptômes de salinité (HASSAN et al., 1996).

2.2.2. Ions spécifiques

D'après MARTIN-PREVEL et al. (1984), l'ion chlore exerce une action toxique spécifique, liée à l'accumulation du chlore dans les feuilles des arbres fruitiers. Les symptômes apparaissent généralement pour une teneur de 2 % de la matière sèche. L'accumulation du sodium exerce également une action toxique, lorsque la teneur en sodium atteint 0,05 % de la matière sèche. L'eau peut également contenir divers éléments présentant une toxicité particulière, notamment du bore. La tolérance des diverses espèces végétales à la

salinité totale est très variable, et peut être influencée par différents facteurs de l'environnement, tels que : température, ensoleillement, ainsi que par la présence de sels antagonistes. Les rapports ions toxiques / antagonistes sont les suivants : Se / SO₄, As / P, Rb / K, Sr / Ca, I / Cl, Cu / Al, Cu / Mn, Mn / Fe, Fe / Mn et Mg / Ca (LEVITT, 1980 in MARTIN-PREVEL et al., 1984).

On peut estimer que dans les conditions salines, le dattier ne commence à dépérir que lorsque la concentration en chlorures dans la solution du sol dépasse 3 à 3,5 g.kg⁻¹ de sol (MONCIERO, 1961) ou 1g.kg⁻¹ de sol (ABAKOUMOV et VAXMAN, 1965).

L'augmentation de la salinité du sol engendre une accumulation de Cl, Na et K dans les pennes du cultivar "Seewy" en Egypte. Toutefois, l'accumulation du chlore est supérieure à celle du sodium. Les éléments accumulés corrélerent avec les symptômes de salinité (HASSAN et al., 1996).

3. Exigences hydriques

Le palmier dattier est localisé dans les zones arides et semi-arides chaudes, possédant des ressources importantes en eau, pour qu'il puisse satisfaire ses besoins en eau au niveau des racines. Ceci est illustré par le vieil proverbe populaire "le palmier dattier vit les pieds dans l'eau et la tête au soleil". Les palmiers dattiers exploitent directement les eaux des nappes phréatiques superficielles. Cette pratique, très ancienne et répandue largement à Oued Souf, est appelée couramment palmeraie Bour. Dans les autres palmeraies de nappe profonde l'irrigation est primordiale. Les palmiers sont irrigués généralement par la méthode de submersion ou localisée. Les eaux exploitées proviennent des puits, forages et Foggaras. Les besoins en eau du palmier dattier sont importants, de l'ordre de 2,4 m³ d'eau par kg de dattes (DJERBI, 1994).

Les besoins hydriques du palmier dattier varient selon la situation géographique des oasis dans les pays producteurs de dattes. Le palmier dattier a besoin d'environ 115 à 306 m³ d'eau par an. En Algérie, pour une densité de plantation de 130 palmiers par hectare, les besoins en eau varient entre 22750 et 21344 m³ / ha / an (JUS, 1900 in DJERBI, 1994 ; HUSSEIN et al., 1979). Cependant, dans les pays où les oasis présentent 120 palmiers par hectare, les besoins en eau varient de 13800 à 36720 aux U.S.A. (NIXON, 1959), et de 24640 à 36500 en Tunisie (UNESCO, 1970 in DJERBI, 1994).

DJERBI (1994), les besoins en eau du palmier dattier en Algérie ont été estimés par plusieurs chercheurs en fonction de la densité de plantation par hectare. Les besoins en eau sont estimés à Oued Rhir, pour 129 palmiers / ha, de 33927 m³ / ha / an (GAUTIER, 1935), et de 21960 à 26040 m³ / ha / an, pour 120 palmiers / ha (WERTHEIMER, 1957). Cependant,

LANGRONIER (1935) estime au M'Zab les besoins de 130 palmiers / ha à 17940 m³ / ha / an, et WERTHEIMER (1957) mentionne que les besoins de 120 palmiers / ha aux Ziban sont de l'ordre de 15000 à 18000 m³ / ha / an. Nous remarquons que les besoins du palmier dattier sont plus faibles aux Ziban et au M'Zab, ils sont de l'ordre de 125 à 150 m³ d'eau par palmier et par an. Ces régions ont une nappe phréatique profonde et des eaux d'irrigation nettement plus douces par rapport à celles de l'Oued Rhir où les besoins sont de 183 à 263 m³ d'eau / palmier / an. REME (1935), a déterminé que sur 175 m³ d'eau apportés au palmier par an, celui-ci absorbe réellement 87 m³ d'eau / an. 50,4 % des eaux qui restent sont nécessaires à la lixiviation des sels dans les sols. Les sels de ces derniers, en provenance de l'eau d'irrigation et de la nappe phréatique superficielle, s'accumulent par remontée capillaire dans les horizons superficiels des sols.

Les doses et fréquences d'irrigation changent en fonction des saisons et la nature des sols cultivés. En hiver, stade zéro de végétation, les palmiers dattiers ont des besoins en eau réduits. Au printemps, les besoins en eau augmentent car le palmier passe par une intense activité correspondant à la sortie des inflorescences, à la floraison, à la fécondation, à la nouaison et à la sortie de nouvelles palmes. Les besoins atteignent leur maximum en été à cause de l'évolution rapide de la formation des fruits et l'évapotranspiration potentielle élevée. Au début de l'automne, les besoins en eau sont encore considérables, puisque cette période correspond à celle du cycle de maturation des dattes et la formation de nouvelles palmes. A la fin de l'automne, malgré la baisse des températures, il est déconseillé de diminuer les doses d'irrigation, parce que le cycle de maturation des dattes n'est pas terminé et la récolte risque de s'abaisser fortement (DJERBI, 1994). MONCIERO (1950), conclut sur la base d'étude précédente à la palmeraie d'El-Arfiane, en Algérie, que le volume 26383 m³ / ha / an est réparti par une irrigation par semaine en saison fraîche et deux irrigations par semaine en saison chaude. NIXON (1959), estime que le volume annuel d'eau par hectare devrait être deux fois important en sol léger par rapport au sol lourd.

La fréquence d'irrigation change aussi en fonction des apports de nappe phréatique et de la pluie. MUNIER (1973), à Kankassa en Mauritanie, définit les volumes d'irrigation en fonction de trois saisons :

- ✓ En saison sèche et fraîche, de décembre à février, avec une nappe phréatique à moins de 2 m, il faut apporter au palmier dattier 1500 m³ d'eau par semaine,
- ✓ En saison sèche et chaude, allant de mars à juin et d'octobre à novembre, avec une nappe se trouvant entre 2,5 et 3 m de profondeur, il faut apporter au palmier dattier 1500 m³ d'eau tous les cinq jours,

- ✓ En saison des pluies, juillet à septembre, il faut arrêter les irrigations, car la pluviométrie est supérieure aux besoins hydriques.

La qualité des eaux phréatiques superficielles et des eaux d'irrigation doit être pris en considération dans le calcul de la dose d'irrigation. En nappe phréatique douce, il faut déduire les quantités d'eau, que le palmier peut utiliser de la nappe, des besoins totaux en eau d'irrigation. En cas de nappe chargée en sels ou d'eau d'irrigation salée, il faut augmenter les apports d'eau pour diluer la nappe en vue de son drainage et permettre une bonne lixiviation des sels dans le sol (DJERBI, 1994).

4. Exigences nutritionnelles

D'après POPENOE (1913), les agriculteurs dans les pays arabes n'utilisent pas les engrais dans la culture du palmier dattier. La culture traditionnelle du palmier dattier dans le vieux monde utilise peu de fertilisants (CARPENTER, 1981), notamment dans les pays arabes où on utilise dans les meilleurs cas un amendement organique chaque année ou tous les trois années (IBRAHIM et KHALIFA, 1998). La fertilisation du palmier dattier a été peu utilisée dans l'ancien monde. Dans la majorité des régions, la fertilisation est basée sur la richesse des eaux en éléments fertilisants ou sur les apports organiques (COOK, 1925). Dans la culture du palmier dattier, il faut entretenir la fertilité du sol et contrôler le taux d'humidité dans ce dernier (SCHOONOVER, 1935).

Les sols sahariens présentent souvent une texture grossière, une structure mauvaise et pauvre en matière organique. Les objectifs fondamentaux de la fertilisation visent par conséquent à élever le niveau de fertilité de ces sols pour améliorer le rendement. Ces sols posent de grands problèmes par leur alcalinité et leur pauvreté en azote et en matière organique. L'aptitude du sol à alimenter la plante est déterminée par la profondeur du sol et plusieurs facteurs hydro-édaphiques, de type physico-chimique et biologique (JOHNSTON, 1944). Les mauvaises conditions physico-chimiques de sol, de salinité, de sodicité et de pH élevées ont un effet négatif sur la teneur des feuilles en phosphore, en potassium, en calcium, en magnésium, en cuivre, en manganèse et en fer (AL-TAHIR et al., 1996).

Bien que de nombreuses études aient été conduites sur la fertilisation du palmier dattier, il existe peu d'informations sur la nature, la quantité et l'application des engrais. Ces résultats s'expliquent par le fait que le dattier croît mieux dans un bon sol ayant peu ou pas du tout de fertilisation que dans un sol pauvre ayant reçu une bonne fumure; ceci montre que toute étude sur la fertilisation du palmier dattier doit être adaptée au type de sol utilisé pour l'essai (DJERBI, 1994).

4.1. Absorption des éléments nutritifs

L'absorption des éléments fertilisants évolue avec le cycle de croissance du palmier dattier (NIXON, 1959). Le diagnostic foliaire sur des palmes de même âge physiologique permet l'estimation des besoins en éléments fertilisants (MARTIN-PREVEL et al., 1984). Les études montrent que l'absorption des éléments nutritifs par le palmier dattier varie avec l'âge des palmes et des palmiers, la saison et du cultivar.

REUTHER (1948), note que les palmes de "Déglet-Nour" sont très riches en silice et d'autant plus qu'elles sont âgées et P, K et Mg décroissent avec l'âge. Toutefois, les études réalisées sur d'autres cultivars (IBRAHIM et KHALIFA, 1998), montrent que les teneurs en P et en Fe augmentent avec l'âge de la palme. GASIM et al. (1989) et REUTHER (1948), ont observé une augmentation de N, Ca et Na avec l'âge des palmiers et une diminution de K et Cu. REUTHER (1948), MINESY et al. (1974), BACHA et al. (1996) et IBRAHIM et KHALIFA (1998), montrent que les teneurs des éléments nutritifs varient avec la saison chez quelques cultivars. La concentration azotée, calcium et potassique augmente au début de la saison de croissance et à la floraison, puis leurs concentrations diminuent progressivement dans la saison de croissance. Ils concluent qu'il faut faire des apports au cours de la croissance pour éviter les carences.

Le palmier dattier est un hybride, les cultivars ne sont en fait que des races ou métis non fixés (MUNIER, 1973). Les forts écarts dans la composition en éléments nutritifs ont été observés chez les cultivars du palmier dattier (FURR et COOK, 1952 ; LABANAUSKAS et NIXON, 1962 ; YOUSIF et al., 1982 ; BACHA et al., 1989 ; AL-KAHTANI et al., 1989 ; AL-TAHIR et al., 1996).

4.2. Besoins en éléments majeurs primaires

Les éléments majeurs primaires sont l'azote, le phosphore et le potassium. Ils sont connus sous le nom d'éléments N-P-K. Les apports d'engrais ont des effets bénéfiques sur le palmier dattier. Il n'y a pas d'opinions communes en ce qui concerne les besoins N-P-K du palmier dattier. Les besoins sont estimés par approche expérimentale qui consiste à estimer les exportations du palmier dattier et essayer des doses d'engrais dans différentes conditions hydro-édaphiques.

Les besoins du palmier dattier sont estimés après l'analyse de deux types d'exportation: de taille (palmes, régimes et dattes) et globale (racines, tronc, palmes, régimes et dattes). Les valeurs N-P-K obtenues, pour une densité de 120 palmiers par hectare (9 m x 9 m), sont variables après consultation de huit références (Tabl. II 1).

Tableau II 1. Besoins du palmier dattier en éléments nutritifs N-P-K

Références (*)	Types d'exportations	Culivars	Rendements (kg)	N (g)	P ₂ O ₅ (g)	K ₂ O (g)
1	Taille	En général	45	603	90	272
2	Taille	Déglet Nour	50	375	258	812
3	Taille	Déglet Nour	-----	242	95	700
4	Taille	Déglet Nour	-----	213	38	737
5	Globale	Déglet Nour	-----	652	-----	-----
6	Taille	En général	-----	633	92	725
7	Taille	Tabouni	100	472	109	507
8	Taille	En général	-----	447	133	1094

(*) : 1. Société Agricole et Industrielle du Sud Algérien (1903 in MONCIERO, 1954). 2. Société Agricole et Industrielle du Sud Algérien (1937 in MUNIER, 1973). 3. HAAS et BLISS (1935 in DJERBI, 1994). 4. EMBLETON et COOK (1947). 5. FURR et BARBER (1950). 6. MONCIERO (1954). 7. EL-SHURAFI (1984). 8. EL-RAGBANI (1995).

Les résultats obtenus par les chercheurs américains et français permirent d'établir les besoins du dattier en éléments fertilisants N-P-K. MONCIERO (1954), propose de prendre les valeurs moyennes de ces résultats. TOUTAIN (1979), ne voit pas la nécessité d'apporter les engrais potassiques, car les sols carencés en potassium sont rares au Sahara. Il propose de satisfaire ces besoins en éléments nutritifs N-P en fonction de l'âge et du rendement des palmiers dattiers (Tabl. II 2).

Tableau II 2. Besoins N-P du palmier dattier en fonction de l'âge (TOUTAIN, 1979)

Agés des palmiers (ans)	Rendements (kg / palmier)	N (g / palmier)	P ₂ O ₅ (g / palmier)
6	7	333	167
9	17	417	167
12	38	583	167
15	50	833	250

Un palmier adulte a besoin d'une dose de 2 kg de N, fractionnée entre janvier, fin mars et mai, 2,29 kg de P₂O₅ et 0,9 kg de K₂O en fin novembre ou décembre (EL-RAGBANI, 1995).

4.2.1. Relations nappes – Besoins N-P-K

Les conséquences d'une nappe peu profonde sont nombreuses. Nous pouvons citer une faible décomposition de la matière organique dans le sol à cause de la réduction de l'aération, de l'activité des micro-organismes, et une modification des formes ioniques de certains oligo-

éléments, comme le Fer et le Manganèse. Tous cela contribue à la réduction de l'assimilation des éléments nutritifs par les plantes (DJERBI, 1994).

Les essais réalisés dans des palmeraies algériennes de nappes phréatiques superficielles ont conduit à plusieurs constatations. En 1933, à la suite des études effectuées par CHEVALIER et al. (1935) et ROSEAU (1935) à la station d'El-Arfiane et dans quelques palmeraies de l'Oued Rhir, l'efficacité de cette fertilisation fut mise en doute en raison de l'action du drainage et surtout de l'apport d'éléments fertilisants par l'eau d'irrigation.

Il est très probable que la nappe phréatique, par un mouvement ascendant, fournit au palmier dattier un supplément nutritif qui varie en fonction des saisons. Ce dernier vient s'ajouter aux apports fournis par les eaux d'irrigation artésiennes. Toutefois, les retenues en P_2O_5 dans le sol après drainage seraient inférieures aux besoins des palmiers (MONCIERO, 1954). Les eaux d'irrigation du complexe terminal ne peuvent pas toutes seules assurer les besoins du palmier dattier, malgré leur richesse en éléments minéraux (DUBOST, 1991). La nature de l'eau phréatique, du complexe terminal, de l'albien et des conditions édaphiques, sont autant de paramètres à prendre en considération dans le milieu oasien pour en déduire la fumure à appliquer (MONCIERO, 1961). Aussi, il fallait définir dans quelles proportions les éléments fertilisants apportés étaient utilisés par le dattier (MUNIER, 1973). Toutefois, les études ont montré qu'on peut augmenter l'efficacité de la fumure minérale, notamment azotée, sur les palmiers par la maîtrise de l'irrigation après l'apport (HILAL, 1989).

4.2.2. Effets de la fertilisation

Les études expérimentales conduites dans les palmeraies à travers le monde et en Algérie montrent l'importance des apports N-P-K dans la croissance et le rendement des palmiers dattiers.

Les premières études ont été réalisées aux Etats-Unis d'Amérique. En 1918, une expérimentation a été réalisée à Yuma et Tempe en Arizona. Elle a montré que la fertilisation des sols est nécessaire pour le palmier dattier. Cette fertilisation dépend du type de sol et de l'âge du palmier (ALBERT, 1925). En 1923, l'utilisation de la potasse et du fumier a augmenté le rendement des palmiers à Los Angeles (HAYWOOD, 1925). La fertilisation des palmiers a été recommandée aussi pour la région de Californie (HODGSON, 1925), où un essai a été réalisé entre 1924 et 1926 sur des palmiers dattiers, âgés de 7 ans, en Californie "model date garden". L'utilisation annuelle de 11,34 kg d'engrais composé (4-10-10) par palmier avec un amendement organique a montré que le rendement est passé de 95,26 kg à 115,67 kg par palmier et la datte devient grosse, mais la teneur en sucre totale diminue (SMITH, 1928).

Les travaux expérimentaux ont pris de l'ampleur en Californie, notamment dans la station de Indio et Coachella Valley.

SINCLAIR et al. (1941), ont lancé un essai entre 1935 et 1940 à Indio, pour étudier l'impact des apports minéraux N-P-K, minéro-organiques et organiques sur la composition des dattes de jeune palmier "Déglet-Nour". L'analyse des dattes, après un traitement de cinq années, indique que la fertilisation n'a pas d'effet sur la composition chimique des dattes à cause peut être des conditions de culture qui déterminent la qualité des dattes. BLISS et MATHEZ (1946), ont constaté en 1945, après un traitement de dix ans sur les mêmes parcelles, qu'il y a une augmentation de rendement à cause de l'azote. Ils recommandent le traitement T_{N+MO} : 181,4 kg de fumier et 1,9 kg d'azote / palmier / an sous forme de sulfate d'ammonium, dosant 20,5 %. Ce traitement a donné un rendement moyen de 165 kg de dattes par palmier. D'autres études à Indio ont montré qu'une dose azotée de 3,6 kg par palmier présente un effet significatif sur la croissance annuelle du tronc, le nombre d'inflorescences et le rendement de "Déglet-Nour" (FURR et al., 1951), sur la teneur azotée au niveau des palmes, des dattes et des noyaux de "Déglet-Nour" (FURR et COOK, 1952). Cependant, avec la même dose, le cultivar "Khadrawy" donne un résultat non significatif (FURR et al., 1952 ; FURR et COOK, 1952). L'essai conduit de 1954 à 1957 par FURR et ARMSTRONG (1958) a conduit à de nouvelles constatations. L'apport continu, durant trois années, de 3,6 à 5,9 kg d'azote, sous forme d'un mélange d'engrais minéral et organique, est plus efficace sur des palmiers de "Déglet-Nour". Il a conduit, en plus des effets de l'azote obtenus par les études précédentes, à l'augmentation de la croissance des palmes et du nombre de régimes. En 1957, arrivé à la quatrième année de l'essai, en l'absence d'apport azoté, les rendements restent toujours importants, mais la qualité des dattes diminue. Il ressort qu'il faut déterminer un seuil d'apport azoté qui assure un bon rendement et une bonne qualité des dattes. Les doses d'engrais utilisés dans cet essai varient de 0,5 à 1,4 kg d'azote minérale et de 166 à 362 kg de fumier, dosant 1,5 % d'azote. FURR et ARMSTRONG (1957) ont constaté, après l'analyse des résultats obtenus à Indio, entre 1944 et 1957, que l'action de l'azote se traduit par une augmentation de la croissance végétative et du rendement. Ils ont recommandé de continuer les essais de fumure azotée jusqu'à atteindre une dose qui assure une amélioration à la fois quantitative et qualitative des dattes. Un autre essai conduit par FURR et ARMSTRONG (1959), entre 1954 et 1958, a confirmé leurs résultats antérieurs. Néanmoins, ils ont constaté que l'augmentation simultanée des doses azotées et d'irrigation conduit à l'augmentation du rendement et la croissance des palmes, mais la dose azotée doit être inférieure à 5,9 kg d'azote pour éviter que la qualité des dattes devient médiocre.

Les essais à Coachella Valley, en Californie, ont débuté dès 1928 (WINSLOW, 1928). Ils ont confirmé l'effet significatif de l'azote. La dose azotée de 2,7 kg par palmier, présente un bon effet sur la croissance des palmes et le nombre de régimes des jeunes palmiers "Medjhou" (FURR et ARMSTRONG, 1960) et le rendement des palmiers âgés "Déglet-Nour" (FURR et BROWN, 1963). La dose azotée conseillée à Coachella par l'U.S.D.A., pour l'ensemble des cultivars, varie de 1,8 à 2,7 kg par palmier (NIXON, 1959; NIXON et CARPENTER, 1978). Cette quantité doit être fractionnée dans les sols légers et réduite quand elle est utilisée en combinaison avec les amendements organiques (ARAR, 1975 in DJERBI, 1994). Les jeunes palmiers doivent recevoir plus de 0,5 kg d'azote / palmier / an; cet apport doit augmenter avec l'âge jusqu'à 1 kg ou 2 kg de N / palmier / an. Les apports de potassium et de phosphore sont variables en fonction de la nature du sol (CARPENTER, 1981).

En Algérie, une série d'engrais ont été essayés, dans les oasis sahariennes et ont permis de retenir une formule qui consiste à apporter au niveau de la palmeraie 36,9 kg / ha de N, 36,9 kg / ha de P₂O₅ et 73,8 kg / ha de K₂O (LEMMET, 1932). Les études expérimentales menées entre 1943 et 1952 à El-Afriane, palmeraie salée de nappes superficielles, sur la fumure organo-minérale des palmiers dattiers, ne donnèrent aucun résultat significatif (MONCIERO, 1950; MONCIERO, 1954). Dans les conditions de nappes superficielle et de salinité à l'Oued Rhir, l'essai sur "Déglet-Nour" de ABAKOUMOV (1965) a montrée que seul l'azote dans les engrais N-P-K présente un effet significatif sur la croissance des jeunes palmiers âgés de 2 ans. KOVALEV (1969), sur les mêmes parcelles a confirmé ces résultats, après cinq années d'essai, et a constaté aussi une élévation du nombre de palmiers productifs et leurs rendements. Les résultats obtenus montrent qu'une dose d'ammonitrate de 105 g de N par palmier fractionnée sur 6 mois, entre mai à octobre, suffit pour donner un bon développement végétatif et une augmentation du nombre de palmiers productifs et un meilleur rendement. Ces résultats rejoignent ceux des américains, mais la dose conseillée reste inférieure à la dose recommandée par les américains.

Dans les autre pays arabes, la fumure du dattier a fait l'objet de nombreuses études effectuées dans plusieurs stations de recherches. Les sols sont en général pauvres en matière organique. Les engrais sont peu utilisés. Les engrais azotés sont fractionnés entre les mois de janvier, mars et mai. Les engrais phosphoriques sont apportés au sol à la fin novembre et durant le mois de décembre. Les engrais potassiques sont apportés en plus de la période annoncée précédemment au mois de mars (EL-HAMOUDY, 2001). Certaines études réalisées sur la fertilisation organique et N-P-K du palmier "Khudari" (BACHA et ABO-HASSAN, 1983) et N-K du palmier "Khalas" (GEHGAH et al., 1993), ont abouti à une amélioration non

significative de la croissance et du rendement des palmiers.

Les résultats des recherches recommandent l'utilisation de 150 g à 0,5 kg d'azote / an pour des palmiers âgés entre 1 à 8 ans, et 0,5 à 1,5 kg d'azote pour les palmiers de plus de 8 ans (AHMED-ALI, 2001). La première expérimentation sur la fertilisation azotée a été réalisée entre 1943 et 1946 avec des palmiers de cultivar "Seewy", âgés de 10 ans. Les résultats montrent que la dose de 0,75 kg d'azote / an, associée à une fumure organique de 0,72 kg d'azote, augmente le rendement (WAKID, 1973). Les études réalisées sur d'autres cultivars aboutissent aux mêmes résultats. La soumission du cultivar "Sakkoti" et "Seewy" à la même dose azotée et sans amendement organique, produit le même effet sur le rendement et aussi la croissance des palmes et des dattes augmentent (HUSSEIN et HUSSEIN, 1983 ; EL-HAMMADY et DESOKY, 1998). L'apport de 0,5 kg d'azote par palmier augmente la teneur des pennes du cultivar "Seewy", en azote, en phosphore et en potassium, et diminue la teneur en sodium (MONTASSER et al., 1989). Toutefois, les doses de 1 kg de N / palmier "Sakkoti" (HUSSEIN et HUSSEIN, 1983) et 1,5 kg de N / palmier "Machrek", "Ouadelkay" et "Dakhtib" (DAOUD, 1997) produisent la diminution du rendement, l'augmentation du taux d'humidité dans les dattes et la diminution de leur valeur nutritive, notamment des sucres. Pour une dose de 1 kg de N / palmier, on obtient pour certains cultivars les meilleurs rendements (HUSSEIN et al., 1977 in AHMED-ALI, 2001), comme les cultivars "Machrek", "Ouadelkay" et "Dakhtib" (DAOUD, 1997) et le cultivar "Zaghloul" (ATTALLA et al., 1999). D'autres cultivars exigent des doses supérieures à celles tolérées par les cultivars précédents. Il est conseillé d'utiliser 1,2 kg d'azote / palmier / an, fractionnée entre février, avril et juin, pour le cultivar "Seewy", "Samany" et "Hayany" (SHAWKY et al., 1993 in IBRAHIM et KHALIFA, 1998 ; SHAWKY, 1996 ; SHAWKY et al., 1998 ; SHAWKY et al., 1999) et 1,2 à 1,5 kg d'azote / palmier / an pour le cultivar "Zaghloul" (HUSSEIN et al., 1996a ; MELOUK et al., 1999a ; MELOUK et al., 1999b). Il est conseillé que la dose azotée doit être associée à un apport en hiver de 25 kg de fumier de ferme, de 0,16 kg de P₂O₅ et de 0,48 kg de K₂O pour le cultivar "Samany" (SHAWKY, 1996; SHAWKY et al., 1998), et de 0,36 kg P₂O₅ et 1,2 kg d'azote organique pour le cultivar "Zaghloul" (HUSSEIN et al., 1996a).

L'étude sur les cultivars "Seewy", "Hayany", "Saamran" et "Samany", conseille l'utilisation entre 0,17 et 1,44 kg de K₂O / palmier / an, fractionné entre février et octobre. Elle a permis l'augmentation du nombre de palmes par an, la production des inflorescences, le rendement, le poids des dattes, la longueur des pennes et leur teneur en azote et en potassium, et la réduction de la teneur des pennes en sodium (ABDALLA et al., 1989 ; MONTASSER et al., 1996 ; DESOKY et EL-HAMMADY, 1998 ; IBRAHIM et KHALIFA, 1998 ; NOUR et

al., 1999).

4.3. Besoins en éléments secondaires et oligo-éléments

Il y a peu d'études sur la nutrition du palmier dattier en oligo-éléments (CARPENTER, 1981). EL-SHURAFI (1984) a étudié les exportations annuelles en éléments majeurs secondaires (Ca et Na) et en oligo-éléments (Fe, Zn et Mn) sur les fruits et les feuilles du cultivar "Tabouni" en Libye. Un palmier dattier exporte, pour un rendement de 100 Kg de dattes, des teneurs en éléments Ca, Na, Fe, Zn et Mn, respectivement de 219 g, 36 g, 6 g, 1 g et 1 g par palmier.

4.3.1. Carences en oligo-éléments

Compte tenu des études réalisées dans le monde sur le palmier dattier, la question des carences éventuelles en oligo-éléments devra faire l'objet de recherches (GIRARD, 1961). D'après MUNIER (1973) et DJERBI (1994), les carences en oligo-éléments du palmier dattier n'ont fait l'objet d'études jusqu'ici qu'en Californie et dans le Sud algérien et tunisien. Il semble que peu de cas aient été signalés, vraisemblablement en raison de la teneur en oligo-éléments des sols et des eaux d'irrigation. Dans le sud tunisien, la carence en manganèse a été enregistrée dans plusieurs plantations de palmiers, elle engendre la maladie des feuilles cassantes et la mort du palmier au bout de cinq à sept ans. Dans les palmeraies situées au sud du Sahara, la déficience en certains Oligo-éléments paraît se manifester sur l'état végétatif des dattiers et sur leur production.

Au Sahara algérien, quelques rares observations semblent montrer sans que nous puissions l'affirmer, que certaines carences en oligo-éléments peuvent se présenter, notamment en bore, cuivre et manganèse (MONCIERO, 1961). L'alcalinité des sols répandus en zones arides et sahariennes (DURAND, 1958) est une des causes possibles à la carence en oligo-éléments. D'après BROCHAT (1997), les sols à pH élevé diminuent la solubilité du zinc, du fer, du cuivre et spécialement le manganèse, ils deviennent indisponibles pour les palmiers dattiers. Les carences existent dans les sols alcalins de certaines parties de la Californie, sont rares pour le cuivre et le zinc, mais la toxicité en bore est présente dans les sols irrigués par des eaux riches en bore. Des carences en ce dernier élément ont été signalées chez les palmiers dépérissants par HAAS (1944); cette carence entraîne la mort du bourgeon terminal et des racines. En général, les carences en zinc augmentent la teneur de l'azote non protéinique dans la plante (IBRAHIM et KHALIFA, 1998). Les symptômes des carences sont différents d'un oligo-élément à un autre (Tabl. II 3).

Tableau II 3. Symptômes des carences en oligo-éléments chez le palmier dattier (BROSCHAT, 1997 ; IBRAHIM et KHALIFA, 1998)

Eléments	Symptômes
Mn	Les jeunes feuilles ont une taille réduite avec chlorose ou nécrose
Fe	chlorose des feuilles et nécrose au bout des feuilles. Les symptômes augmentent entre l'hiver et le printemps et diminuent ou disparaissent en été.
Zn	réduction de la taille des feuilles.
Cu	Flétrissement du bourgeon apical ou sommet de croissance
B	La mort des bourgeons latéraux. Ils ressemblent aux symptômes de toxicité.

L'augmentation de la fumure azotée et de l'amendement organique diminue le danger d'excès ou de toxicité en bore (IBRAHIM et KHALIFA, 1998).

4.3.2. Toxicité en oligo-éléments

La pollution métallique des sols par certains Oligo-éléments, comme le plomb et le zinc constitue une source de contamination pour les palmiers dattiers (AL-SHAYEB et al., 1995). Le diagnostic foliaire au niveau des palmiers dattiers est un moyen pour contrôler la pollution métallique, notamment les métaux lourds, dans l'environnement (AKSOY et OZTURK, 1996 ; AL-SHAYEB et SEAWARD, 2000). L'étude a révélé aussi que la composition des dattes est un indicateur de la pollution métallique. Il est prouvé que les niveaux du baryum (Ba), lanthane (La) dans les pennes et les niveaux du thallium (Tl) dans les dattes de type "Fard", varient en fonction de leurs niveaux dans les sols (WILLIAMS et al., 2005). Les palmiers dattiers peuvent être contaminés en éléments toxiques par les eaux usées traitées, les eaux dessalées et les eaux de puits (EL-MARDI et al., 1995). Le niveau de contamination est plus élevé pour les palmiers irrigués avec les eaux usées traitées (EL-MARDI et al., 1998). La teneur des dattes sèches en métaux lourds : Cd, Cu, Pb et Zn, ne dépassent pas la limite standard légale, dans de nombreuses études réalisées (MARZEC et BULINSKI, 1997). Toutefois, d'autres travaux de recherches ont constaté que le niveau de Hg et Cd dans les pennes et les dattes est au dessus des normes permises (MOFIDA, 2002 ; PILLAY et al., 2002).

4.3.3. Effets de la fertilisation

LABANAUSKAS et NIXON (1962) ont étudié la composition des feuilles de cultivars en Californie et le problème de la mortalité des tissus des feuilles dites "die-back",

sur des palmiers issus de graines. Cette maladie est de cause inconnue. Le tableau (II 4) montre qu'il n'y a pas une grande différence entre la composition chimique des feuilles de six cultivars ("Déglet-Nour", "Halawy", "Khadrawy", "Medjhoul", "Sayer" et "Tabarzal"). L'apport de $MnSO_4$ (4,54 kg / palmier), de NH_4NO_3 (2,27 kg / palmier) et de Borax (0,91 kg / palmier) a provoqué chez les palmiers issus de graines, affectés par "die-back", une augmentation de bore dans les tissus de feuilles. Il n'y a pas d'indications sur la relation qui peut exister entre la maladie et la carence ou l'excès des éléments nutritifs (N, B et Mn), car le nombre d'échantillons étudiés est faible. Toutefois, FURR et ARMSTRONG (1957) ont constaté que l'action de l'azote est significative. Mais, la dose optimale et la date d'application restent à confirmer.

Tableau II 4. Teneurs des feuilles de quelques cultivars de palmiers en éléments nutritifs (LABANAUSKAS et NIXON, 1962)

Cultivars	Eléments nutritifs (% M.S.)						Oligo-éléments (ppm)				
	N	P	K	Ca	Mg	Cl	Zn	Cu	Mn	B	Fe
Déglet Nour	1,54	0,096	0,71	0,60	0,132	0,50	9	4	70	22	89
Halawy	1,55	0,120	0,70	0,51	0,180	----	16	5	74	10	106
Khadrawy	1,37	0,089	0,47	0,49	0,196	0,53	10	5	26	12	122
Medjhoul	1,55	0,110	1,30	0,60	0,090	----	6	4	51	10	87
Sayer	1,23	0,086	0,43	0,60	0,229	0,61	15	5	40	24	83
Tabarzal	1,18	0,095	0,96	0,52	0,103	0,66	7	4	24	21	77

Il est conseillé d'apporter au palmier dattier au mois de janvier, les oligo-éléments suivants : 0,2 kg de Fe, 0,2 kg de Mn, 0,1 kg de Zn et 0,1 kg de Cu / palmier / an (EL-RAGBANI, 1995).

L'utilisation des eaux usées traitées à Oman a provoqué une augmentation significative de la teneur des feuilles en Na, K et Cu et une réduction en Ca. Aussi, une augmentation de la teneur des dattes en Zn; mais ces teneurs ne sont pas toxiques pour le palmier dattier et pour l'homme (EL-MARDI et al., 1995). L'utilisation des eaux de même type à Rabia en Egypte, pendant 3 ans, a provoqué chez le palmier dattier une augmentation progressive de la teneur en fer, en manganèse et en zinc dans les feuilles du palmier dattier "Saamran" (NOUR et al., 1999).

Une autre étude a permis de constater que l'irrigation avec des eaux usées traitées donne un rapport de Na / Ca dans la datte supérieur à celui de la feuille, mais le rapport de Ca

/ Mg dans la feuille est supérieur à celui de la datte. Le rapport de K / Na a tendance à augmenter dans les feuilles. La teneur élevée de Na dans les feuilles résulte du rapport élevé de K / Na dans la datte, cela indique que Na remplace K. La teneur en Na est semblable dans les feuilles et les fruits, mais la teneur en Cl est élevée dans les fruits par rapport aux feuilles. Quand les concentrations de Ca et K sont semblables dans les feuilles, le rapport Ca / K devient élevé dans les fruits (EL-MARDI et al., 1998). La substitution partielle de K par Na oblige la plante à transporter l'élément K vers les parties physiologiquement actives, tandis que l'élément Na est emmené dans les parties plus inertes (VENEMA, 1961 in BAEYENS, 1967).

4.4. Amendements organiques

ALBERT et HILGEMAN (1935 in FURR et ARMSTRONG, 1960) et NIXON (1959) recommandent l'apport des amendements organiques pour la culture du palmier dattier. Selon DJERBI (1994), la matière organique favorise l'activité microbienne et améliore la structure en sols désertiques. Elle augmente aussi certaines caractéristiques comme l'aération, la teneur en éléments fertilisants et la capacité de rétention en eau des sols.

La quantité, la fréquence et le mode d'apport des amendements organiques sont différents d'un pays à un autre. Les apports organiques varient de 6 à 240 kg / palmier, sous forme de grignons d'olive, de fumier de ferme et de basse-cour, et aussi d'engrais verts. Les sols sont amendés entre la fin de l'automne et l'hiver, avec une fréquence variable, allant de 6 mois à 3 ans. La méthode d'enfouissement change d'une région à une autres. Les amendements organiques sont enfouis dans un trou de 50 cm de profondeur, chaque fois sur un coté de l'arbre, distant de 1m du stipe, et quelquefois sont enterrés par le labour ou dans la cuvette d'irrigation (GUEUDIN, 1932 ; MIREMADI, 1970 ; ZAKI, 1977 ; GEHGAH et al., 1996 ; DJERBI, 1994 ; EL-RAGBANI, 1995 ; IBRAHIM et KHALIFA, 1998 ; EL-HAMOUDY, 2001).

En Californie et en Arizona, ils utilisent 12,6 à 37,7 tonnes / ha / an de fumier de basse-cour en hiver (NIXON, 1959; NIXON et CARPENTER, 1978). Les apports de matière organique en Egypte varient en fonction de l'âge du palmier dattier (IBRAHIM et KHALIFA, 1998). Les quantités utilisées sont de l'ordre de 1 à 15 kg de fumier par palmier (BADR, 1995).

L'effet du fumier, à l'inverse de la fertilisation minérale est particulièrement visible tant sur le plan de la productivité que sur celui de la qualité (DJERBI, 1994). D'après l'étude de FURR et ARMSTRONG (1960) à Coachella, les amendements organiques présentent un effet supérieur à celui des engrais azotés, mais la différence entre eux est non significative. Un

apport de 2,7 kg d'azote d'origine organique par palmier dattier donne une bonne croissance pour le cultivar "Medjhou" et un nombre important de régimes. Les sols sableux amendés à Coachella, selon FURR et BARBER (1950), sont pauvres en azote totale.

D'après TOUTAIN (1979), les besoins du palmier dattier en fumier évoluent en fonction de l'âge et du rendement. Le fumier est enfoui en automne dans un trou, chaque année sur un côté de l'arbre (Tabl. II 5).

Tableau II 5. Besoins en fumier du palmier dattier en fonction de l'âge (TOUTAIN, 1979)

Âges des palmiers (ans)	Rendements (kg / palmier)	Fumiers (kg / palmier)
6	7	8
9	17	17
12	38	33
15	50	67

L'utilisation hivernale d'une dose de 0,75 kg d'azote organique par palmier "Seewy" et par an dans un sol sablo-calcaire, pendant 3 ans en Egypte, a donné un rendement supérieur à celui du traitement utilisant 0,75 kg d'azote minérale (EL-HAMMADY et DESOKY, 1998).

Toutefois, un essai réalisé pendant 8 ans en Californie, avec le cultivar "Déglet-Nour", a montré que l'utilisation de la fumure minérale augmente significativement la production par rapport à la fumure organique (FURR et BROWN, 1963). Cependant, les études ont montré que les amendements organiques présentent un effet stimulant la dynamique du phosphore et son absorption par les racines du palmier dattier (HILAL, 1989).



Deuxième partie

Problématique et

Cadre de l'étude

Chapitre III. Dégradation hydro-édaphique des oasis

1. Causes de dégradation

L'environnement hydro-édaphique dans les oasis change en fonction des facteurs internes et externes. Les facteurs internes sont conditionnés par la conduite de la phoeniciculture dans les palmeraies, notamment la conduite du sol et de l'irrigation-drainage. Les facteurs externes sont conditionnés par la gestion des eaux et des sols à l'échelle régionale, notamment au niveau des aménagements hydro-agricoles et la lutte contre la désertification.

La dégradation de l'environnement hydro-édaphique au niveau des oasis varie en fonction du type de problèmes posés. Au Sahara algérien, les problèmes recensés ces dernières années sont principalement la remontée des eaux phréatiques et la salinisation des sols (DUBOST et al., 1983 ; DUBOST, 1991 ; SAKER, 2000 ; HAMDI-AÏSSA, 2001).

1.1. Remontée de la nappe phréatique

Les causes de la remontée des eaux phréatiques dans les régions du Sud Est algérien sont multiples, d'ordre naturel et anthropique. Elles sont principalement, la mauvaise gestion des eaux usées et agricoles, jumelée par une prédisposition hydrogéologique et topographique non favorable (DUBOST et al., 1983 ; DUBOST, 1991 ; SAKER, 2000 ; HAMDI-AÏSSA, 2001).

Le niveau des nappes phréatiques dans les régions du Sud Est algérien est variable en fonction du niveau de drainage dans les régions phoenicicoles. Il peut être profond à Biskra, situé plus au Nord. Cependant, il devient de plus en plus superficiel, de 0 à 3 m de profondeur, vers certaines régions situées plus au Sud, comme Tolga, Oued Rhir, Oued Souf et Ouargla (DUTIL, 1971 ; MUNIER, 1973 ; DUBOST et al., 1983 ; DUBOST, 1991 ; HAMDI-AÏSSA, 2001)

1.2. Salinisation des sols

Les origines de la salinité des sols sont multiples, divisées en deux principales origines: primaire et secondaire. La salinité d'origine primaire est de types marine, volcanique et géologique (GAUCHER et BURDIN, 1974), et celle d'origine secondaire est causée par les eaux d'irrigation salées en présence d'une mauvaise conduite de l'irrigation-drainage (CHERBUY, 1991), et par excès de fertilisation minérale (ARAGUES, 1983). Le niveau élevé de la nappe phréatique tend à aggraver ce problème, en déplaçant les sels solubles dans la zone racinaire et vers la surface du sol (HORNEY et al., 2005).

La salinisation secondaire existe depuis longtemps en agriculture, particulièrement dans les régions arides et semi-arides. Elle a causé la stérilisation de plusieurs régions dans le monde : Chine ancienne, Vallées indiennes et sud de l'Amérique (SZABOLOCS, 1986).

La salinisation est un problème général au Sahara. Il est causé par la non maîtrise de l'irrigation-drainage dans les palmeraies (DURAND, 1958). Le drainage reste difficile dans les régions du Sud Est algérien soumises au phénomène de remontée des eaux phréatiques, qui ont un problème d'exutoire pour les eaux de drainage (CÔTE, 1998).

2. Conséquences de la dégradation

La dégradation des conditions hydro-édaphiques dans les oasis, par salinisation et remontée des eaux phréatiques, présente des conséquences néfastes sur le sol et sur le palmier dattier (DJERBI, 1994). La salinisation est à l'origine de plusieurs problèmes pour le sol et les plantes. Ils sont de nature et d'intensité variables selon le sol, le climat, la plante et la conduite culturale (AYERS et WESTCOT, 1988). Les problèmes les plus rencontrés sont associés à la salinité, la sodicité et la toxicité spécifique de certains ions (ARAGUES, 1983).

2.1. Conséquences sur le sol

2.1.1. Effets de la nappe phréatique

Le niveau élevé de la nappe phréatique présente des conséquences néfastes sur le sol (DJERBI, 1994). Ce problème produit trois types d'effets au niveau des sols, d'ordre physique, physico-chimique, chimique et biologique.

Les problèmes d'ordre physique sont l'instabilité structurale et la réduction de l'aération des sols (Hydromorphie). La pauvreté en oxygène dans les sols produit l'asphyxie et la pourriture racinaire chez les végétaux (CALLOT et al., 1982).

La salinisation et l'alcalinisation des sols sont des problèmes physico-chimiques qui touchent les zones mal drainées (DURAND, 1958). D'après DUBOST et al. (1983), l'augmentation du niveau de la nappe phréatique augmente l'évaporation des eaux phréatiques et les dépôts salins dans le sol. L'étude conduite par une mission soviétique, entre 1964 et 1969 à Sidi Mahdi a trouvé que les dépôts salins à la surface des sols augmentent avec la diminution de la profondeur de la nappe phréatique. Ils ont donné un modèle d'accumulation saline dans une saison chaude et une salinité d'eau phréatique de 10 g.l^{-1} (Tabl. III 1). L'étude de la régression des valeurs indique que pour une nappe de cette charge, les accumulations salines deviennent nulles, quand la nappe sera à environ 97 cm de profondeur. Cette profondeur varie en fonction de la charge saline de la nappe phréatique et la nature des sols oasiens, notamment la texture.

Tableau III 1. Impact de la remontée de la nappe sur les dépôts salins (DUBOST et al., 1983)

Profondeurs de la nappe (cm)	Evaporation (m ³ / ha)	Sels déposés (t / ha)
0	9800	9,8
10	8780	8,78
40	4930	4,93
60	2750	2,75
90	590	0,59

La remontée des eaux salées par ascension capillaire dépend de la texture des sols. Pour avoir une ascension nulle à la surface du sol, en cas de nappe excessivement chargée en sels, il faut maintenir le plan d'eau à environ 1,3 m en terrains sableux, éventuellement à 1,5 m quand les terres sont limoneuses (DUBOST, 1991).

Les sels doivent être lixiviés et entraînés en dehors de la zone racinaire du palmier (EATON, 1937) par un réseau de drainage efficace (HAYWARD, 1949). Le palmier dattier en raison de son pouvoir osmotique élevé, absorbe l'eau pure; il résulte une concentration élevée des sels dans l'eau, qui sous l'évaporation intense, remonte par capillarité et entraîne des dépôts de sels à différents niveaux du profil. Ainsi, pour évacuer les sels nocifs et éviter la sursaturation des solutions des sols, il est indispensable d'augmenter les rythmes et les volumes d'irrigation pour assurer le lessivage dans la zone racinaire supérieure, entre 0 et 1,2 m de profondeur où les besoins en eau sont couverts à plus de 80 %, à condition de drainer une épaisseur de sol de 1,5 m (DJERBI, 1994). Le lessivage des terres irriguées consiste à maintenir la solution du sol aussi proche que possible de l'équilibre ionique de l'eau d'irrigation (DUBOST, 1991). La diminution des doses d'irrigation augmente l'accumulation des sels dans le sol et diminue le rendement des palmiers dattiers. L'augmentation de la dose d'irrigation de 18288 à 42672 m³ / ha / an, produit la diminution de la charge saline dans les profils des sols, passant de 56,24 à 18,58 t / ha (FURR et ARMSTRONG, 1959).

L'action néfaste des nappes superficielles sur les propriétés chimiques du sol se traduit à deux niveaux. Le premier par la modification des formes de Fe et Mn., notamment la réduction des oxydes ferriques, en faisant apparaître des tâches verdâtres de gley (DUBOST, 1991). Le deuxième problème chimique, ce sont les accumulations gypseuses. La remontée des nappes phréatiques chargées en sels, dans les climats hyper-arides favorise l'accumulation du gypse (DURAND, 1958). Les études effectuées par les chercheurs montrent que la nature des sols au Sud Est algérien change en fonction des régions phoenicoles. Ils peuvent être de

types éoliens, alluvionnaires, alluvio-éoliens et de texture sableuse à argileuse. Il est observé que les sols des zones de nappes peu profondes, présentent des accumulations gypseuses, gypso-salines et gypso-calcaires (DUTIL, 1971; SAKER, 2000 ; HAMDI-AÏSSA, 2001).

Enfin, l'activité biologique diminue au niveau des sols de nappes superficielles (DJERBI, 1994). Cela agit négativement sur l'évolution de la décomposition de la matière organique des sols (ROBERT, 1992).

2.1.2. Effets de la salinisation

Actuellement, deux aspects de salinisation des sols sont admis, la salinisation par excès de sels solubles et l'alcalinisation qui commence à se manifester dès que le taux de sodium échangeable dépasse les 15 % de la C.E.C. (DERDOUR, 1981). Les problèmes engendrés sont la salinité et la sodicité des sols (ARAGUES, 1983). D'après SERVANT (1978), les sels les plus abondants dans les zones arides et sub-arides, sont de deux types, neutres (tel : NaCl, Na₂SO₄·10H₂O, Na₂SO₄, MgSO₄·7H₂O, CaSO₄·2H₂O) et alcalines (tel : Na₂CO₃, NaHCO₃·2H₂O, NaHCO₃, 2Na₂SO₄, Na₂CO₃). Les sels non sodiques ne présentent pas de danger pour le sol, contrairement pour ceux qui sont sodiques.

Les sols salés sont subdivisés en trois catégories (U.S.S.L., 1954): les sols salins (saline soils), les sols salins à alcalis (saline-alkali soils) et les sols à alcalis (non saline-alkali soils). Il existe aussi des sols salins thioniques, à sulfure acidifiants, dans certaines zones sahariennes irriguées par des eaux riches en sulfure d'hydrogène, comme Touggourt (AUBERT, 1983).

La sodicité des sols se traduit par des conséquences négatives sur les propriétés du sol: la dispersion des argiles, la dégradation de la structure, la perte de perméabilité et l'asphyxie du milieu (MCNEAL et COLEMAN, 1966 ; ISRAELSEN et HANSEN, 1965 ; CHEVERRY, 1972 ; AGASSI et al., 1981 ; ZARTMAN et GICHURU, 1984 ; YOUSAF et RHOADES, 1987). Il est remarqué que cela engendre à la surface des sols du Sud Est algérien une structure boursouflée à Touggourt (AUBERT, 1983) et à Ouargla (HAMDI-AÏSSA, 2001). L'action du sodium sur les propriétés du sol dépend de la nature de l'anion accompagnateur du sodium. Il est prouvé que les carbonates ont un effet inhibiteur et que l'action néfaste des sulfates est plus élevée par rapport aux chlorures (LONGENECKER, 1959 ; DARAB, 1965 ; EL-SWAIFY, 1973 ; DAOUD et ROBERT, 1989 ; DAOUD et al., 1993). L'effet du sodium est plus important dans les sols de texture fine (MCNEAL, 1968 ; PUPISKY et SHAINBERG, 1979), riches en argiles expansibles ou smectites (HALITIM et al., 1984), et pauvres en potassium et en silice soluble (U.S.S.L., 1954). L'humus dans les sols, agit contre l'action du sodium, mais ce dernier inhibe l'activité biologique et présente ainsi une action néfaste sur

l'évolution de la matière organique (GOLDBERG et al., 1988 ; MALLOHI, 1982 ; MALLOHI et JACQUIN, 1988 ; MALLOHI, 1989)

2.2. Conséquences sur le palmier dattier

2.2.1. Effets de la nappe phréatique

Les nappes phréatiques superficielles produisent un ralentissement de la croissance du palmier dattier (DJERBI, 1994).

2.2.1.1. Partie végétative

Le niveau élevé de la nappe phréatique et les eaux de marée augmentent la salinité des sols et diminuent leur aération. Ces problèmes ont un effet négatif sur la croissance et la production dattière. Dans la région de Abadan Island en Iran, la culture du palmier dattier souffre de problème d'irrigation et de drainage. Le rendement est de 75 kg / palmier dans les zones où le niveau des eaux phréatiques et la salinité des sols sont faibles. La production dattière chute considérablement, atteignant 5 kg / palmier, dans les sols très salés où le niveau des eaux phréatiques est proche de la surface du sol (FURR, 1975). En Algérie, à Sidi Mahdi, l'accumulation saline a produit un jaunissement des palmes, attribué à une carence en azote, accentuée par la salinité. Ce mauvais état végétatif, s'accompagnant d'une floraison défaillante (40 % d'arbres fleurés) et d'une production moyenne insignifiante, de 2 à 3 kg / palmier. L'irrigation localisée et la bonne conduite ont amélioré la situation (DUBOST et al., 1983).

2.2.1.2. Partie racinaire

Dans les sols où la nappe est proche de la surface, le système racinaire est peu profond et sa croissance est affectée. Le manque d'études dans ce domaine nous empêche de faire une étude comparative du système racinaire dans différentes conditions d'humidité.

Toutefois, la description des racines des palmiers en Arizona a dévoilé que la profondeur racinaire est de 2,2 m et l'allongement latéral est de 8,3 m. Les racines du palmier supportent les eaux phréatiques pendant plusieurs mois. Les racines sont en bonne santé au-dessus des eaux. Le développement vertical des racines est freiné par le niveau des eaux de la nappe. Les racines ne pénètrent pas beaucoup les eaux. Les observations réalisées avant le drainage des sols, montrent que le niveau d'enracinement était de 1,2 à 1,5 m de profondeur. Les racines pénètrent faiblement la nappe et reste vivantes. Après le rabattement de la nappe phréatique, les racines avaient suivi le niveau de la nappe phréatique pour atteindre 3 à 4 m (SIMMONS, 1926).

Le contact des racines avec des eaux phréatiques très salées provoque la chute des rendements. Le drainage devient dans ces conditions primordial (WEEKS, 1957). L'engorgement des sols par l'eau est dangereux au niveau des palmeraies algériennes. Il crée

des conditions d'anaérobiose à l'origine de la nécrose et de la pourriture des racines (DUBOST, 1991).

ARMSTRONG et FURR (1959), ont réalisé la première étude sur l'impact de l'irrigation sur la densité racinaire du palmier dattier, de type "Khadrawy" à Indio, en Californie. Ils ont constaté après un essai de trois années que la distribution racinaire dans les sols secs, irrigues chaque 11 mois, est différente de celle des sols fréquemment irrigués, chaque 2 semaines. L'étude consiste à estimer la quantité de racines nutritives, de diamètre inférieur à 1 mm, et les grosses racines, de diamètre supérieur ou égale à 1 mm, dans le profil du sol, entre 0,3 à 7 m de profondeur. Les échantillons de racines par volume de sols, sont séchés à l'air libre et pesés. La profondeur racinaire enregistrée ne dépasse pas 7 m. La densité moyenne des racines dans le sol sec est légèrement inférieure à celle du sol fréquemment irrigué. Les valeurs enregistrées sont respectivement de 1 kg.m^{-3} et $1,2 \text{ kg.m}^{-3}$. La différence entre les deux densités n'est pas significative. La densité racinaire est élevée dans les horizons de texture argilo-limoneuse par rapport aux horizons sableux. La densité maximale se trouve entre 1,5 et 2 m de profondeur. La densité maximale pour les arbres fruitiers se trouve en moyenne entre 0,9 m et 1,2 m de profondeur. Cependant, sur une autre parcelle non irriguée pendant trois années, les palmiers dattiers sont toujours vivants. Il semble que les racines ont pu accéder à l'eau, à cause du mouvement latéral des eaux de la nappe phréatique, au dessous de 7 m de profondeur ou à cause des ramifications racinaires qui envahissent les parcelles humides.

Des observations indirectes sur l'oranger montrent qu'un drainage souterrain de 1 m de profondeur permet d'éviter la sécheresse physiologique due à la nappe phréatique superficielle salée, de $28,5 \text{ dS.m}^{-1}$. Les études tunisiennes admettent en 1954 que le plan d'eau et les croûtes calcaires ou gypseuses dures, gênent l'enracinement des arbres si leurs niveaux sont à moins de 1,25 m de profondeur (DURAND, 1958). Il est conseillé d'avoir dans les palmeraies un plan d'eau d'environ 1,2 m de profondeur (LEMMET, 1932). L'étude réalisée sur des profils pédologiques, des oasis algériennes, que les croûtes gypso-calcaires compactes limitent le développement du système racinaire du palmier dattier (DUTIL, 1971). Ces effets de résistance mécanique des sols, compaction de la structure, a été mis en évidence sur d'autres types de palmiers, comme le palmier à huile en Côte d'Ivoire (HARTMANN, 1991).

Les observations réalisées sur des profils de sols à Ouargla, montrent que la croûte gypseuse et le niveau de la nappe phréatique constituent un obstacle physique pour l'enracinement des palmiers dattiers en pleine production. La densité racinaire diminue à leur contact et les racines ne dépassent pas 0,6 m de profondeur (DADDI BOUHOUN et BRINIS

(2006). Quand les racines verticales du palmier dattier subissent un stress mécanique du sol, la partie extérieure de la coiffe est détruite, et elle est renouvelée de l'intérieur par une croissance latérale (SIMMONS, 1926).

2.2.2. Effets de la salinisation

Les études réalisées montrent que la salinité présente des effets différents sur la croissance des palmiers dattiers, selon la tolérance des cultivars des palmiers dattiers. La salinité ne semble pas avoir d'effet néfaste sur certains cultivars, comme "Halawy" et "Medjhou" (FURR et ARMSTRONG, 1962). D'après DURAND (1958), le palmier dattier est un plant très tolérant aux sels. Il peut tolérer une salinité maximum de sol, en extrait de pâte saturée (C.E._e) de 30 dS.m⁻¹, et une eau d'irrigation de salinité maximum (C.E._i) de 20 dS.m⁻¹ en sol sableux à 3 dS.m⁻¹ en sol argileux. AYERS et WESTCOT (1988), en se basant sur les informations rapportées par MAAS et HOFFMAN (1977), qui considèrent que le rendement relatif et la croissance du palmier dattier deviennent nuls quand le sol arrive à une C.E._e de 32 dS.m⁻¹ ou C.E._i de 21 dS.m⁻¹.

Les ions spécifiques présentent un effet double sur la plante. Premièrement, une toxicité spécifique due à un excès d'ions et deuxièmement une déficience des éléments nutritifs. La tolérance des plantes à ces effets diffère d'une espèce à une autre (ARAGUES, 1983).

2.2.2.1. Effets du degré de salinité

L'énergie biologique des plantes utilisée dans la production de la biomasse va être consommée pour extraire l'eau de la solution saline du sol qui présente une pression osmotique élevée (RHOADES, 1985).

L'augmentation de la pression osmotique dans la solution du sol engendre une réduction du courant de l'eau du sol vers les racines. Il résulte de cela, si la résistance racinaire reste inchangée, une absorption limitée de l'eau, d'où une réduction de la croissance végétale (ARAGUES, 1983). La sécheresse physiologique (manque d'eau) engendre le rabougrissement des sujets et l'absence de développement dans les cas extrêmes de salinité (SIMONNEAU et AUBERT, 1963).

A. Partie végétative

HEWITT (1963) a étudié l'effet de différents sels (NaCl, CaCl₂, Na₂SO₄, NaCl + CaCl₂ et NaCl + Na₂SO₄) et concentrations salines (10 et 40 g.l⁻¹) sur la germination des noyaux de "Déglet-Nour" et la croissance des jeunes plants. Les résultats obtenus montrent une diminution du pourcentage de germination pour les concentrations de 30 g.l⁻¹ et plus.

En Californie, les palmiers dans les parcelles très salées ont peu de palmes, peu de

régimes. Les palmes sont petites et jaunâtres. La salinité diminue la croissance végétative (ARMSTRONG, 1960). Le palmier peut se développer végétativement, sans production, dans des sols qui contiennent jusqu'à 3 à 4 % de sels (AHMED et al., 1979).

HEWITT (1963) a montré que l'irrigation des jeunes palmiers issus de noyaux "Déglet-Nour" par des solutions salées présentent des effets négatifs sur leurs croissances. Celle-ci commence à diminuer à partir d'une concentration 10 g.l^{-1} , radicalement pour 20 g.l^{-1} et la croissance est bloquée pour les concentrations, dépassant 30 à 34 g.l^{-1} .

Les essais réalisés sur des palmiers issus de noyaux sur les cultivars "Déglet-Nour" et "Medjhou" aux U.S.A. (FURR et al., 1966), et les cultivars "Sakkoti" et "Baratmuda" en Egypte (HUSSEIN et al., 1996b), montrent que l'augmentation de la salinité des eaux d'irrigation diminue la croissance des palmes. Le pourcentage de croissance des palmes par rapport au témoin, passe de 50 % à 16 %, quand la salinité des eaux d'irrigation passe de 11 à 38 dS.m^{-1} (FURR et al., 1966), et de 95,4 % à 22,5 % quand la salinité des eaux d'irrigation passe de 5,81 à $29,5 \text{ dS.m}^{-1}$ (HUSSEIN et al., 1996b). Le taux de croissance varie avec les saisons, il augmente en été et diminue en hiver. L'augmentation de la salinité des sols produit la diminution du taux de croissance des jeunes palmes plus que les palmes âgées. Le cultivar "Medjhou" est plus tolérant au sel que "Déglet-Nour". Les palmes de "Medjhou" présentent une croissance supérieure à celle de "Déglet-Nour" dans tous les traitements (FURR et al., 1966). Aussi, le cultivar "Sakkoti" est plus tolérant au sel que "Baratmuda" (HUSSEIN et al., 1996b).

Lorsque la concentration des sels dans le sol augmente, la croissance et le poids sec des organes végétatifs des jeunes palmiers dattiers, issus de noyaux de "Déglet-Nour" et de "Medjhou" diminuent. Cela est dû essentiellement à la pression osmotique des eaux d'irrigation et à l'accumulation de Cl et Na dans les organes végétatifs (FURR et REAM, 1967). Les sols très salés en Californie provoquent la diminution des rendements des palmiers dattiers et la détérioration de la qualité des dattes. Dans certaines parcelles, les rendements ont diminué avec un taux supérieur à 50 % (ARMSTRONG, 1960). La production dattière s'arrête si les racines se développent dans un sol qui contient plus de 1 % de sels, et la fructification augmente lorsque la salinité est au-dessous de 0,6 % (AHMED et al., 1979).

B. Partie racinaire

D'après FURR et ARMSTRONG (1962), le système racinaire des palmiers dattiers adultes est extensif, les racines d'un même palmier peuvent passer d'un sol salé vers un autre moins salé.

2.2.2.2. Toxicité spécifique

Certains ions (sodium, chlore et bore) du sol ou de l'eau atteignent dans une culture sensible des niveaux de concentrations assez élevés pour l'endommager et en faire baisser les rendements. Dans les cultures pérennes, les agrumes sont les plus sensibles, même avec des concentrations relativement faibles en ions, et les palmiers dattiers sont les plus tolérants. La brûlure des feuilles et la chlorose constituent les premiers symptômes. Ces dégâts sont souvent lents à être détectés et l'accumulation sur le bord des feuilles est plus rapide sous un climat chaud ou pendant une saison chaude que sous un climat plus frais (GOUNY, 1973 ; AYERS et WESTCOT, 1988).

La toxicité spécifique se fait par voie racinaire et foliaire, en irrigation par aspersion, pour le sodium et le chlore, et seulement par voie racinaire pour le bore (AYERS, 1977). Le bore est un élément essentiel à la croissance des plantes mais avec un besoin relativement faible. Il devient toxique s'il est présent en quantité excessive (LOUE, 1986). L'excès de bore est plus à craindre en zones sahariennes que son déficit (DURAND, 1958). Toutefois, il semble qu'il n'y a pas d'approches expérimentales sur le palmier dattier pour apprécier sa tolérance au bore.

A. Partie végétative

L'irrigation des jeunes palmiers issus de noyaux "Déglet-Nour" avec différentes solutions salées augmente la teneur en chlore dans les penes, notamment pour 20 g.l⁻¹ de NaCl (HEWITT, 1963).

ABAKOUMOV et VAXMAN (1965) ont étudié l'influence de la salinité sulfato-chlorurique des sols sur la croissance des jeunes dattiers à Sidi Mahdi (Touggourt), plantés en 1963. La nappe phréatique dans les parcelles d'essais se trouve à la profondeur de 0,6 à 1,1 m, dont la minéralisation était de 28 g.l⁻¹. Les résultats de l'essai ont montré que les sels dans le sol ne troublent pas l'alimentation en eau, mais la plante absorbe les ions toxiques. Le diagnostic foliaire a montré que la teneur en Cl change selon les conditions de la culture. La teneur en Cl est élevée, 1,65 % MS, dans les sous-sols artificiellement salés par l'apport de NaCl et K₂SO₄, dissolubles dans les nappes phréatiques et irrigués par une eau de 2 g.l⁻¹. Cependant, la teneur en Cl a été moins élevée, 1,2 % de MS, dans les sols irrigués sans apport de sels. Toutefois, les sols dont l'humidité a été maintenue élevée par des arrosages fréquents, proche de la capacité de rétention (18 %) présentent une teneur en chlore de 1,12 % MS. L'étude a montré que les jeunes palmiers absorbent plus de chlore par rapport aux palmiers adultes.

L'irrigation des djebbars de palmiers dattiers "Déglet-Nour" et "Medjhouh" avec des

eaux de salinité comprise entre 0,35 et 38 dS.m⁻¹, a montré que le chlore a augmenté dans les pennes jusqu'à 0,5 % MS à la fin des traitements en été. Cette augmentation n'a pas de rapport exclusif avec la salinité des eaux d'irrigation, mais elle est fort probablement liée à la salinité des sols. L'accumulation du sodium et du chlore dans les pennes est faible, comparée aux quantités apportées par les eaux d'irrigation. Cela montre que le palmier présente une capacité remarquable pour exclure les sels apportés par les eaux d'irrigation. Les pennes du cultivar "Medjhoul" accumulent moins de chlore par rapport à "Déglet-Nour", ce qui montre la sensibilité de ce dernier (FURR et al., 1966). Cependant, un autre essai semblable réalisé par FURR et REAM (1967) sur des jeunes palmiers dattiers issus de noyaux de "Déglet-Nour" et de "Medjhoul" a conduit aux mêmes résultats et a révélé aussi que quand la salinité des eaux augmente, l'accumulation de Na et Cl augmente dans les palmiers dattiers.

Cependant, FURR et REAM (1968 in MARTIN-PREVEL et al., 1984) constatent une réduction de la croissance de "Déglet-Nour", sans apparition de symptômes de toxicité, lorsque la concentration de la solution nutritive en chlorure de sodium augmente, mais l'élévation des teneurs des palmiers en Cl ou Na n'est pas linéaire, peut-être en relation avec une régulation de la pression osmotique des tissus végétaux.

Un autre essai réalisé à Assouan, en Egypte, sur des palmiers issus de noyaux de cultivars "Sakkoti", "Baratmuda" et "Malakaby", a montré que l'assimilabilité du chlore et du sodium est variable, mais aucun symptôme de toxicité n'a été observé chez les palmiers, comme les brûlures de pennes. Elle augmente avec l'élévation de la salinité des eaux d'irrigation, jusqu'à 20 dS.m⁻¹. Leurs absorptions restent constantes pour les palmiers dattiers irrigués avec une eau de salinité comprise entre 20 et 29,5 dS.m⁻¹. Cela montre que les palmiers dattiers limitent leurs seuils d'absorption en Cl et Na, ce qui explique leur grande tolérance aux sels (HUSSEIN et al., 1996b).

Il apparaît par les études que l'absorption du chlore par le palmier dattier en milieu salé varie en fonction du cultivar. L'étude réalisée en Libye, sur des sols salés et irrigués avec une eau de 4 g.l⁻¹, montre que le comportement de cinq cultivars de palmiers dattiers vis-à-vis de l'absorption du chlore est variable. Les symptômes de toxicité en chlore sont observés chez quelques cultivars seulement. L'analyse des pennes montre que le cultivar "Tabouni" présente le pourcentage le plus élevé en chlore, 1,8 % de MS par rapport aux autres cultivars. Le cultivar "Um-Hnash" présente le pourcentage le plus faible en chlore, 0,89 % de MS (ISMAIL et al., 1993).

B. Partie racinaire

L'irrigation de jeunes palmiers "Déglet-Nour" avec des solutions salées augmente la teneur en chlore dans les racines. L'absorption racinaire du chlore est sélective, différente d'une solution saline à une autre. Il y a une augmentation élevée du chlore dans les racines traitées avec une solution de 20 g.l⁻¹ de NaCl (HEWITT, 1963).

L'accumulation de Cl et Na dans la partie racinaire, de jeunes palmiers dattiers issus de noyaux de "Déglet-Nour" et de "Medjhoul", est faible par rapport à la concentration des eaux d'irrigation. Cela montre que l'accumulation n'est pas uniquement liée à la concentration des sels dans l'eau, mais à d'autres paramètres, comme la nature des sols. Le taux de Cl et Na dans les racines de "Déglet-Nour" est légèrement plus faible par rapport à la plantule de "Medjhoul". Mais, pour les organes végétatifs, c'est exactement l'inverse. Ceci résulte de la différence de distribution de Cl et Na dans les deux cultivars ou de la différence dans la proportion entre les tissus inertes et les cellules vivantes dans lesquelles, les sels s'accumulent (FURR et REAM, 1967). Une étude similaire en Egypte a montré que le taux de Cl et Na dans les racines de "Sakkoti" est légèrement plus faible par rapport à la plantule de "Baratmuda" et l'inverse pour les organes végétatifs (HUSSEIN et al., 1996b). Aussi, la concentration de Cl dans les racines est de 2 à 3 fois supérieure à celle des organes végétatifs, et de 5 à 10 fois pour Na (FURR et REAM, 1967; HUSSEIN et al., 1996b).

2.2.2.3. Nutrition minérale

Les sels solubles dans les sols, les eaux d'irrigation et les eaux phréatiques superficielles peuvent provoquer des problèmes de nutrition minérale par les effets d'antagonisme et de blocage en présence d'excès d'ions solubles et échangeables.

L'augmentation du sodium et du calcium dans la solution du sol diminue la concentration en potassium et magnésium dans les feuilles (BERNSTEIN et al., 1974). Il faut apporter du potassium en grandes quantités dans les sols salins pour contrecarrer l'effet compétitif du sodium et du calcium (DEVITT et al., 1981). L'augmentation du magnésium dans l'eau d'irrigation provoque une augmentation du magnésium échangeable dans le sol, suivie d'une carence en calcium chez les végétaux (PALIWAL et GANDHI, 1976). L'augmentation de Mg⁺⁺, diminue l'adsorption du phosphate dans les sols, ce qui peut engendrer un phénomène de carence chez les végétaux (YADAV, 1992). L'excès d'ions carbonates dans la solution du sol provoque une carence en Fer. Ce problème pourrait concerner le tiers des terres arables et prend une importance croissante dans les sols calcaires en zones arides mises en valeur par irrigation (BROWN, 1961). Aussi, la valeur commerciale des fruits est réduite à cause des dépôts inesthétiques sur les fruits et les feuilles dus à

l'irrigation par aspersion par des eaux riches en bicarbonates, en sulfates et en fer. Le pH anormal des sols salés, acide ou alcalin, peut être à l'origine d'un déséquilibre alimentaire (AYERS et WESTCOT, 1988).

Selon la littérature, les effets de la fertilisation des cultures dans les conditions salines semblent être contradictoires (FEIGIN, 1985). Il est cependant sûr que des apports nutritifs excessifs réduisent les rendements (AYERS et WESTCOT, 1988), et provoquent un effet osmotique qui nuit aux plantes (ARAGUES, 1983). De ce fait, il faut tenter d'établir une certaine amélioration de la conduite de la fertilisation, qui sera un moyen pour augmenter la tolérance à la salinité des plantes cultivées. D'autre part, il est possible de faire atténuer l'effet de la salinité par un changement du régime de la fertilisation : le type, la quantité des fertilisants et le mode de leurs applications (FEIGIN, 1985).

En milieu salé, le palmier dattier ne peut pas absorber les éléments nutritifs dont il a besoin que si le sol a une humidité optimale qui maintient la concentration saline de la solution du sol au-dessous d'un maximum compatible avec une végétation normale du sujet, tout en réalisant une concentration suffisante des éléments fertilisants indispensables. Il faut empêcher la concentration en sels dans la solution du sol de devenir toxique, avec une bonne dose et fréquence d'irrigation et aussi un bon drainage (MONCIERO, 1954). L'irrigation avec des eaux chargées et sodiques engendre une salinisation et une alcalinisation des sols à Al-Hassa, en Arabie Saoudite, et diminue la teneur des pennes des jeunes palmiers dattiers de types "Khalas" et "Ruzaiz" en P, K, Ca, Mg, Cu, Mn et Fe (AL-TAHIR et al., 1996).

Chapitre IV. Cadre de l'étude

1. Localisation géographique

La cuvette de Ouargla est synclinale alluviale, très large de la vallée de l'Oued Mya (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975), située au Nord Est du Sahara, avec une superficie de 99000 km² (A.N.R.H., 2000). Elle tire son nom de l'oasis de Ouargla, chef lieu de la wilaya (Fig. IV 1). Cette wilaya couvre une superficie de 163323 km². Elle est limitée au Nord par les Wilaya de Djelfa et d'El-Oued, à l'Est par Tunisie, au Sud par la Wilaya de Tamanrasset et à l'Ouest par la Wilaya de Ghardaïa. La Wilaya comporte actuellement 21 communes regroupées en 10 Dairate pour une population de 517197 habitants, soit une densité de 3,168 habitants par km² (D.P.A.T., 2001). La cuvette de Ouargla, sa sédentarisation date de la période ancienne avant le 6^{ème} siècle. Elle est connue jadis par son marché florissant du Ksar, reliant les commerçants du nord avec ceux du sud africain, et par sa production dattière importante (PILLET et IDDER, 1995). Actuellement, la wilaya de Ouargla prend une place importante dans l'économie nationale par sa production agricole et ses gisements pétroliers ainsi que pour ses ressources en eaux souterraines.

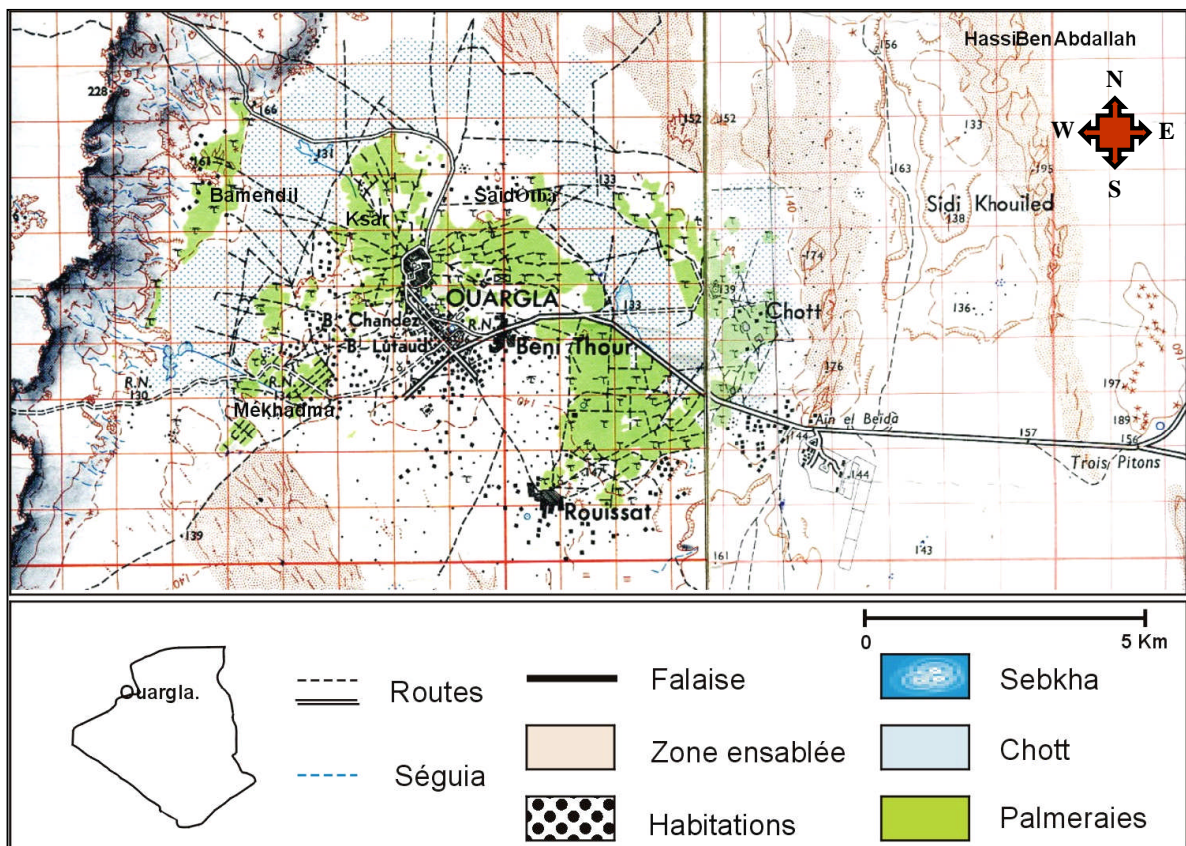


Figure IV 1. Carte topographique de la cuvette de Ouargla (I.G.N., 1960)

2. Climat

Ouargla présente un climat désertique avec un hiver froid et un été chaud (DUBIEF, 1959 ; DUBIEF, 1963). L'aridité s'exprime non seulement par des températures élevées en été et par la faiblesse des précipitations, mais surtout par l'importance de l'évaporation due à la sécheresse de l'air. Celle-ci y contraste en saison froide avec l'humidité du sol (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975). Nous avons étudié le climat de Ouargla à partir de données climatiques moyennes récentes (Tabl. IV 1), sur une durée de dix ans entre 1998 et 2007, fournies par la station de l'office national de la météorologie de Ouargla à Ain El-Beïda (O.N.M., 2008).

Tableau IV 1. Données climatiques moyennes à Ouargla entre 1998 et 2007 (O.N.M., 2008)

Mois	Précipitations (mm)	Températures (°C)			Humidité relative (%)	Vitesses du vent (m.s ⁻¹)	Evaporation (mm)	E.T.P. (mm)
		M	m	Moyenne				
Janvier	4,12	18,42	4,72	11,57	58,5	2,72	111,20	65,08
Février	0,71	20,74	6,78	13,76	51,5	3,36	149,60	77,89
Mars	4,03	25,67	10,39	18,03	41,2	3,86	236,20	126,37
Avril	1,48	30,21	15,43	22,82	34,6	4,60	317,10	174,73
Mai	1,55	34,67	20,21	27,44	31,8	4,85	380,80	195,94
Juin	0,12	38,88	25,10	31,99	25,8	4,58	473,30	241,13
Juillet	0,70	43,30	28,03	35,67	25,1	4,48	518,20	261,91
Août	1,84	42,59	27,44	35,02	28,1	4,13	500,40	233,79
Septembre	1,67	37,85	24,04	30,95	36,9	3,77	351,60	168,33
Octobre	7,49	32,22	18,14	25,18	45,1	3,63	267,80	121,29
Novembre	8,73	23,73	10,35	17,04	56,6	2,80	146,80	80,03
Décembre	2,31	18,60	5,87	12,24	61,8	2,85	106,50	53,53
Moyenne annuelle		30,57	16,38	23,47	41,42	3,73		
Cumul annuel	34,75						3559,50	1800,01

2.1. Précipitations

Les précipitations sont très faibles et irrégulières, elles sont de l'ordre de 34,75 mm par an. Les pluies se produisent essentiellement au printemps et en automne. La répartition est marquée par trois mois de sécheresse quasi absolus de mai à juillet. La pluviométrie est importante entre l'automne et le printemps. Les mois les plus pluvieux sont respectivement novembre, octobre et mars (Tabl. IV 1).

2.2. Températures

La région de Ouargla est caractérisée par des températures très élevées. La température moyenne annuelle est de 23,47 °C par mois. Les données des températures mensuelles relevées sous abri montrent que le mois le plus chaud est juillet avec une température moyenne de 35,67 °C, un maxima de 43,30 °C et un minima de 28,03 °C (Tabl.

IV 1). Le mois le plus froid est janvier avec une température moyenne de 11,57 °C, un maxima de 18,42 °C et un minima de 4,72 °C. Les variations diurnes sont également assez élevées, comme dans tout le Sahara algérien. L'année est scindée en deux périodes thermiques en fonction de la température moyenne. Une période chaude avec une température supérieure à 20 °C, s'étendant d'avril à octobre et une période froide avec une température inférieure à 20 °C, s'étalant de novembre à mars. La période chaude à Ouargla est plus élevée par rapport à Ghardaïa (DADDI BOUHOUN, 1997).

2.3. Humidité relative

L'humidité relative de l'air est faible et varie en fonction des saisons, avec une moyenne annuelle de 41,42 % par mois. Elle dépasse 50 % entre novembre et février, et reste inférieure à 50 % le reste de l'année (Tabl. IV 1). L'humidité en hiver atteint une moyenne maximale de 61,8 % au mois de décembre.

2.4. Vents

Les vents dominants sont fréquents durant toute l'année, ils sont de type pluridirectionnel. Cela explique l'existence des Ergs, formations dunaires complexes à Ouargla. Les vents les plus forts soufflent du Nord-Est et du Sud. Les vents les plus fréquents sont en hiver de l'Ouest, au printemps du Nord-Est et de l'Ouest, en été du Nord-Est et en automne du Nord-Est et Sud-Ouest. Les vents chauds en été "siroccos", sont desséchants, favorisant la maturation des dattes, mais provoquent des dégâts aux cultures. La vitesse du vent est variable au cours de l'année. Elle est faible en automne et en hiver, comprise entre 2,72 et 3,77 m.s⁻¹, puis elle augmente au printemps et en été, comprise entre 3,86 et 4,85 m.s⁻¹. La vitesse moyenne annuelle est inférieure à 4 m.s⁻¹ (Tabl. IV 1).

2.5. Evaporation

L'évaporation annuelle, mesurée par l'évapomètre de PICH est très élevée de l'ordre de 3559,50 mm par an (Tabl. IV 1). L'évaporation est favorisée par les fortes températures et les vents desséchants fréquents. Elle correspond à plus de 102 fois la pluviométrie annuelle. L'évaporation maximum est enregistrée en juillet et le minimum en décembre, avec les valeurs respectives de 518,2 mm et 106,5 mm.

2.6. Evapotranspiration potentielle

Nous avons estimé l'évapotranspiration potentielle (E.T.P.) par la méthode de TURC (1961), dont la validité n'est pas contestable de part le monde et en zones sahariennes (DUBOST et DUBOST, 1983). Les résultats montrent un phénomène évaporatoire très intense, avec une valeur maximum de 261,91 mm au mois de juillet (Tabl. IV 1). Le total annuel est de 1800,01 mm par an. Comparé à certaines zones sahariennes, il dépasse celui de

Béchar au Sud-Ouest et Ghardaïa au Sud-Est (DUBOST et DUBOST, 1983 ; DADDI BOUHOUN, 1997).

2.7. Classification climatique

Pour classer le climat de Ouargla, nous avons illustré le degré d'aridité par le diagramme ombrothermique de GAUSSEN (1953, in GAUSSEN, 1955) et déterminé l'étage bioclimatique selon le climagramme d'EMBERGER (1955, in STEWARD, 1969) par le calcul du quotient pluviothermique (Q_2) adapté pour l'Algérie selon la formule de STEWARD (1969), qui se présente comme suit:

$$Q_2 = 3,43 \frac{P}{M - m}$$

avec :

Q_2 : quotient pluviothermique d'EMBERGER

P : pluviométrie moyenne annuelle en mm

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud en °C

m : moyenne des minimas du mois le plus froid en °C

Le diagramme ombrothermique de GAUSSEN (Fig. IV 2) montre que la sécheresse est permanente durant toute l'année à cause des faibles précipitations et des températures élevées. Ouargla présente un quotient pluviothermique (Q_2) de 3,09. Elle est située dans l'étage bioclimatique saharien ou hyper-aride à hiver doux, comme Ghardaïa et Tindouf (Fig. IV 3).

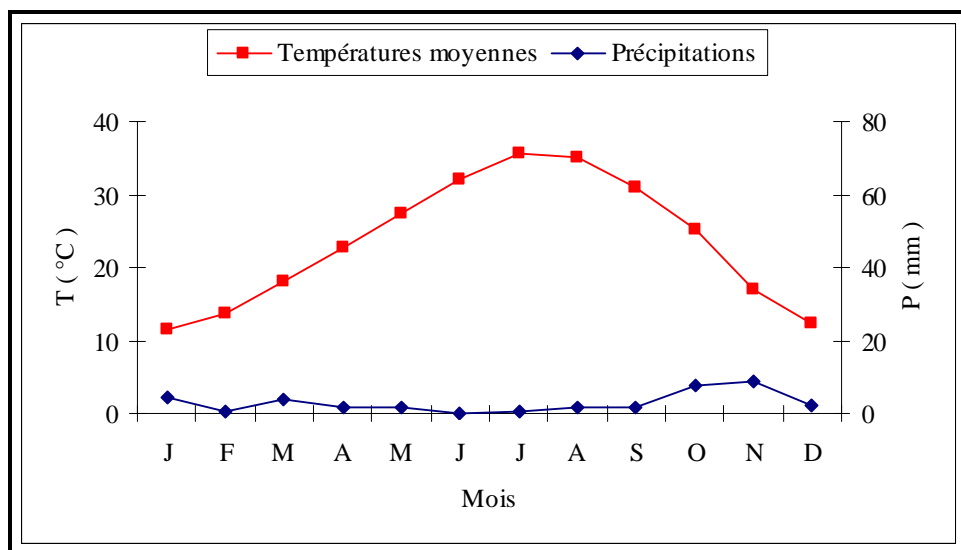


Figure IV 2. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN pour Ouargla

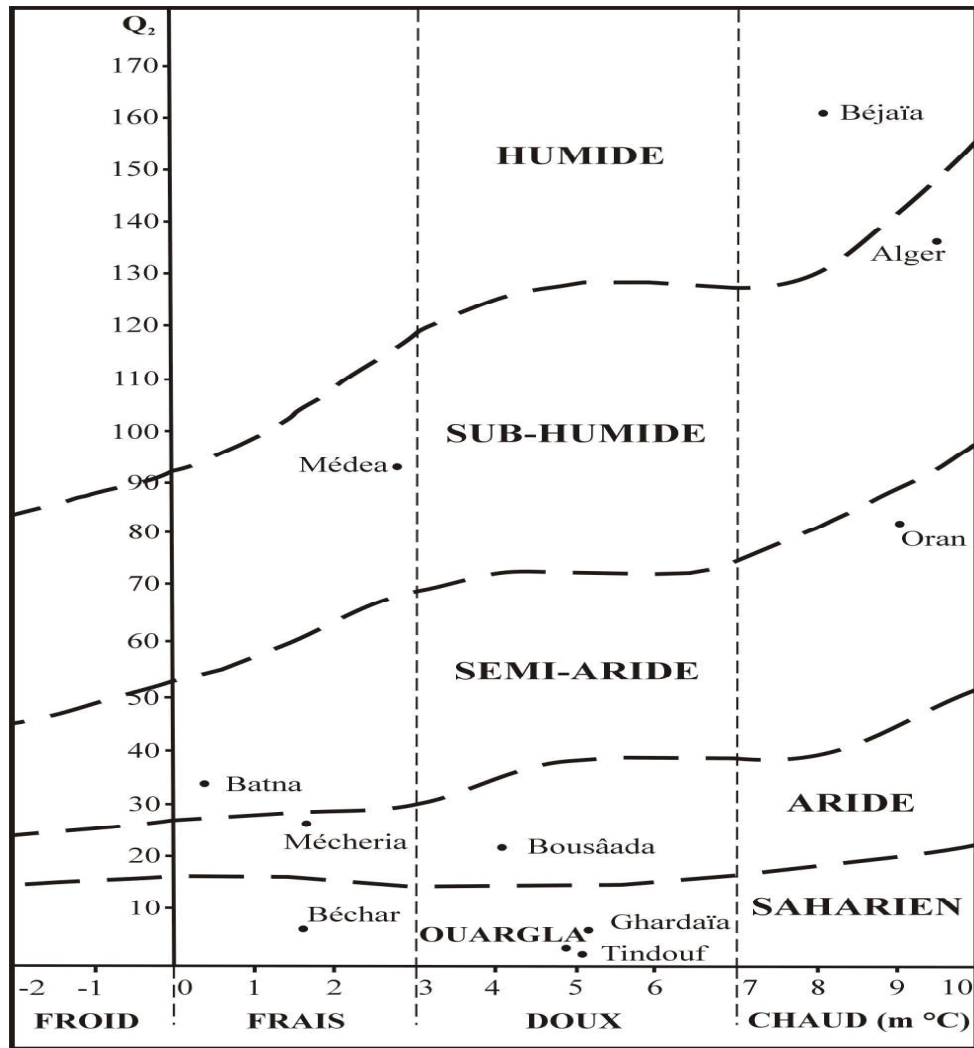


Figure IV 3. Etage bioclimatique de Ouargla

3. Hydrographie

L'hydrographie de la région de Ouargla est restée peu étudiée. La première étude un peu étendue fut faite par VILLE (1872) qui étudia les oueds du Sud-constantinois et Sud-algérois. Après cette première tentative, il parait plusieurs recherches comme l'hydrologie superficielle au Sahara (DUBIEF, 1953) et les crues d'Oued au Sahara algérien (TEISSIER, 1965).

La cuvette de Ouargla correspond à la basse vallée de l'Oued Mya, Sahara Nord-oriental. Ce grand Oued descend du Tademait et se termine actuellement avec l'Oued M'Zab et l'Oued N'Sa dans la Sebkhha de Safioune, 20 km au Nord de Ouargla. Le réseau hydrographique est constitué essentiellement par l'oued Mya, l'Oued N'Sa et l'Oued M'Zab (Fig. IV 4). Malgré la faiblesse des précipitations et de leurs caractères orageux, ces Oueds participent dans une certaine mesure à l'alimentation en eau des nappes phréatiques superficielles (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

Le bassin de l'Oued Mya s'étend sur 19800 Km², le cours d'eau considéré comme fossile (DUBIEF, 1953). L'Oued N'Sa et l'Oued M'Zab sont fonctionnels à l'inverse de l'Oued Mya, ils peuvent avoir une ou deux crues par an. Ils n'atteignent la cuvette de Ouargla, sebkhat Safioune, que lorsque la crue est importante (Fig. IV 4).

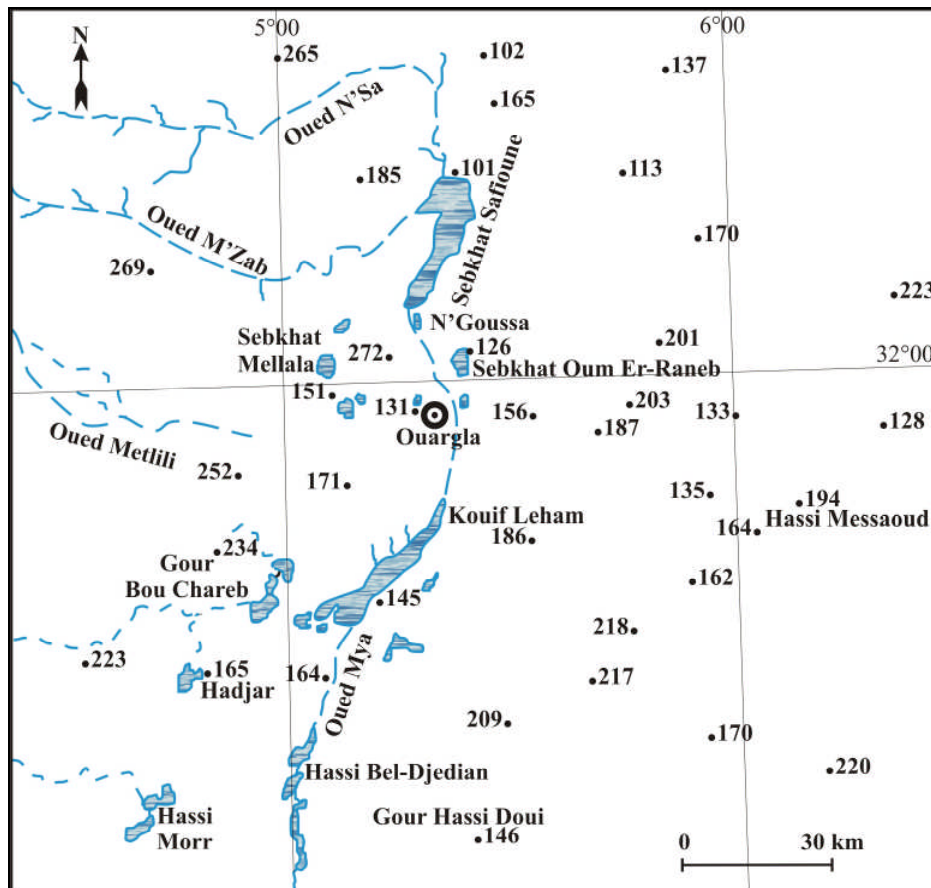


Figure IV 4. Carte hydrographique de la cuvette de Ouargla (I.N.C., 1960)

4. Géomorphologie

L'examen de la morphologie de la cuvette de Ouargla sur un sillon de l'Oued Mya à travers une coupe de l'ouest à l'est de la cuvette (LELIEVRE, 1969), montre qu'il y a une suite de reliefs vers le fond de la vallée, respectivement plateau, glacis, chott et sebkha.

L'Ouest de la vallée est limitée par le plateau des "Gantra", Hamada Pliocène de 200 à 250 m d'altitude. Il s'abaisse légèrement d'Ouest en Est. Il est interrompu par une dépression ovale de la sebkha Mellala, qui s'étend conjointement à la vallée de l'oued Mya.

Le versant Ouest de la cuvette présente quatre niveaux étagés de glacis caractéristiques où l'altitude passe de 250 à 140 m. Le plus ancien, composé de croûtes gypso-calcaires épaisses de 1,5 m. Le second et le troisième glacis sont caractérisés par l'affleurement du substrat du Miopliocène, composé de sables et de graviers gréseux plus ou moins encroûtés de gypse. Le dernier glacis où sont installées quelques palmeraies de Bamendil. Leur position

topographique surélevée par rapport au niveau de la sebkha les protège du risque de remontée de nappe qui menace actuellement les oasis du bas-fond (CÔTE, 1998 ; HAMDI-AÏSSA et al., 2000).

Les bas fonds des vallées, grands bassins sédimentaires, sont occupés par les formations quaternaires. Ce sont de grandes zones d'épandage de matériel alluvial, sableux le plus souvent (DUTIL, 1971). Ces zones sont généralement salées (COOKE et al., 1993 ; LEZINE, 1993) ; la Sebkha occupe le centre de la dépression fermée où s'accumulent des eaux salées. Elle est entourée d'une zone salée appelée Chott (BRIERE, 2000). La région de Ouargla est composée de plusieurs Sebkhas, alternant avec des massifs dunaires, dont les plus grandes sont celles de Mellala, Ouargla, Oum Er-Raneb et Safioune (Fig. IV 4).

5. Géologie

La région de Ouargla présente un relief peu accidenté et stable tectoniquement. La cuvette de Ouargla ainsi que l'ensemble du Bas-Sahara est constitué de formations sédimentaires, occupant les dépressions de la région (Fig. IV 5). D'après KARPOFF (1952), la coupe géologique réalisée par sondage à Ouargla montre une succession en profondeur, de formation géologique de plus en plus ancienne: Quaternaire récent et ancien, Miopliocène (Tertiaire continental), Eocène, Sénonien (Secondaire Crétacé), Turonien, Cénomaniens et le Continental Intercalaire (Crétacé inférieur).

La cuvette de Ouargla est creusée dans un dépôt du continental terminal dans lequel alterne des sables rouges, ayant le même aspect que ceux de la vallée de l'Oued N'Sa, les argiles et parfois des marnes ; le gypse est peu abondant, daté du Pontien. Le dépôt est connu au nom du Miopliocène. Le Pliocène continental constitue l'ossature des Regs, sous forme d'une croûte calcaire locale avec des poudings ou des calcaires lacustres. Vers le fond de la vallée de Ouargla, il y a une succession de formations de plus en plus récentes (VILLE, 1872 ; CORNET et GOUSCOV, 1952):

1. Des alluvions, Regs et terrasses qui datent du Quaternaire continental.
2. Des dunes récentes au Nord-Est et au Sud-Est près du lit de Oued Mya et du grand Erg oriental, formées à l'Holocène (COUDE-GAUSSSEN, 1991).
3. Alluvions actuels, ils occupent le fond de la cuvette de Ouargla et composés de chotts, sebkhas, limons et croûtes gypso-salines.

Les Chotts et sebkhas de la dépression de l'Oued Mya font partie d'un bassin salifère fermé continental Plio-Quaternaire. Ils proviennent du lessivage des dépôts salifères antérieurs, s'effectuant sous un climat aride à semi-aride, et cela jusqu'à l'époque actuelle (MERABET et POPOV, 1972).

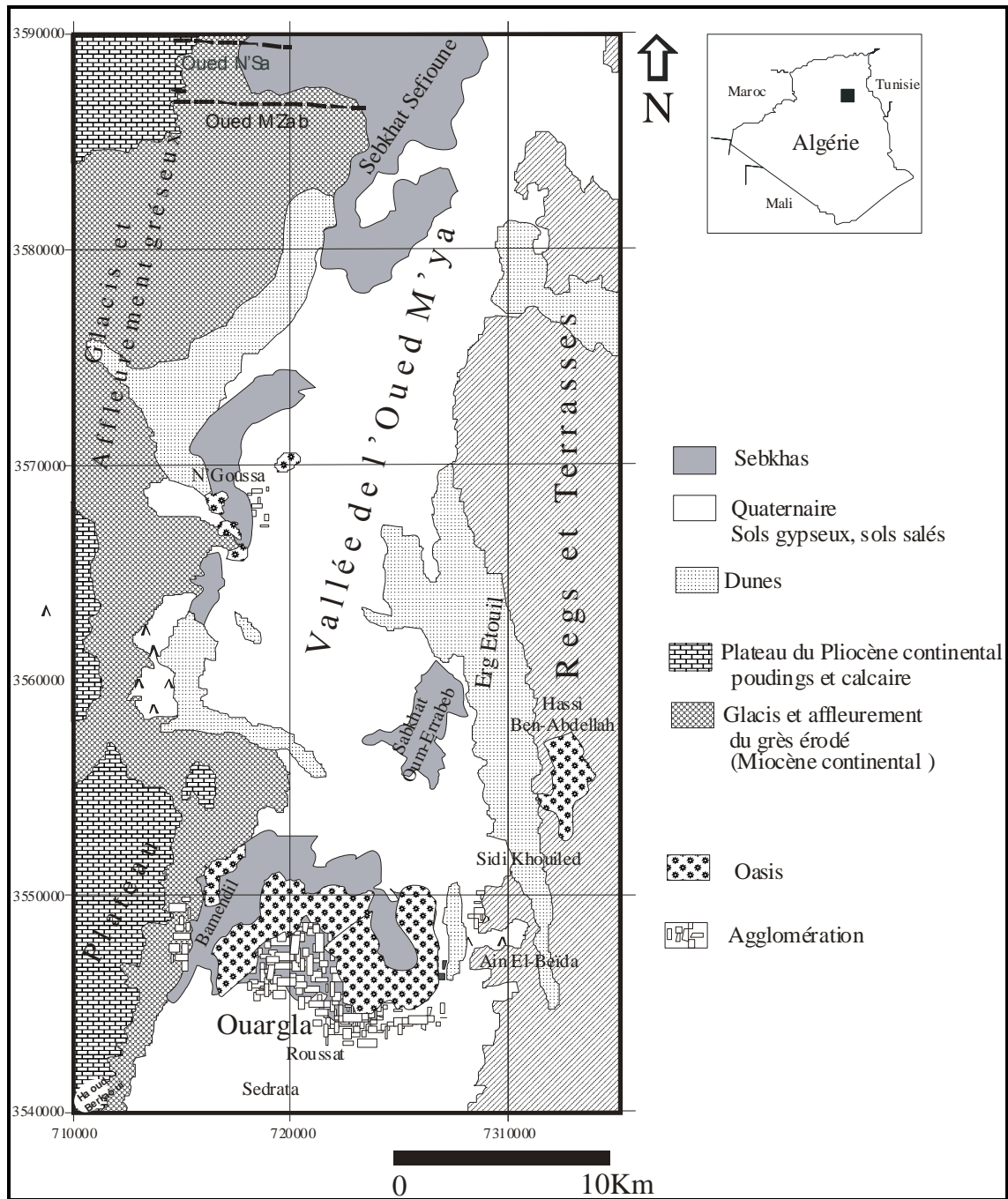


Figure IV 5. Carte géologique de la cuvette de Ouargla (CORNET et GOUSCOV, 1952)

6. Hydrogéologie

L'eau souterraine constitue la principale source d'eau dans la région de Ouargla, on distingue la nappe du continental intercalaire, la nappe du complexe terminal et la nappe phréatique. A Ouargla, il existe trois ensembles d'aquifères de plus en plus profonds: phréatique, Complexe Terminal (CT) et Continental Intercalaire (CI) ou « Albien ».

6.1. Nappe phréatique

La nappe phréatique salée est contenue dans les sables alluviaux de la vallée, s'écoulant du Sud vers le Nord, suivant la pente de la vallée, sa profondeur varie de 1 à 8 m

en fonction de l'altitude et de la saison (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975). La nappe phréatique couvre toute la cuvette de Ouargla. Les mesures les plus récentes et faites sur quelques piézomètres indiquent que le niveau piézométrique de la nappe est aujourd'hui situé entre 130 et 135 m. Le niveau hydrostatique est supérieur à 2 m à la périphérie de la cuvette, entre 0,5 à 1 m au fond de la cuvette, dans les palmeraies limitrophes du chott. Le niveau diminue progressivement vers la sebkha jusqu'à l'affleurement au centre (GUENDOUZ et al., 1992 ; A.N.R.H., 1994 ; HAMDI-AÏSSA et FEDOROFF, 1997 ; HAMDI-AÏSSA et al., 2000), où l'eau atteint une hauteur de 0,2 à 0,8 m en 1991 (PILLET et IDDER, 1995). En 1998, la profondeur de la nappe est estimée entre 0 et 3 m dans la cuvette, et dépassant 3 m en zones situées à la périphérie de la cuvette (A.N.R.H., 2000).

La forte salinité des eaux phréatiques est due essentiellement à la présence des formations gypseuses et argileuses salées dans le sous-sol de certaines zones de l'oasis de Ouargla. Tandis que la faible minéralisation des eaux phréatiques est due à la dilution par les eaux d'irrigation moins salées, l'absence des niveaux gypseux et la présence de formations sableuses dans le sous-sol (HAMDI-AÏSSA, 2001 ; A.N.R.H., 2003).

Les études effectuées par l'agence nationale des ressources en eau (A.N.R.H., 2001), sur quelques piézomètres des palmeraies de la cuvette de Ouargla, montrent que la salinité et le faciès chimique des eaux phréatiques varient au niveau des palmeraies. Les eaux sont excessivement salées dans la palmeraie de Bamendil, du Ksar, de Mékhadma et de Beni Thour, et très excessivement salées à Said Otba. Le pH est neutre à Mékhadma et de plus en plus alcalin au Ksar, à Beni Thour, à Bamendil et Said Otba (Tabl. IV 2). Le faciès chimique des eaux phréatiques est chloruré sodique à Mékhadma, Bamendil et à Said Otba. Cependant, la palmeraie de Beni Thour présente un faciès anionique sulfaté et un faciès cationique équilibré calcique, sodique et magnésique. Mais la palmeraie du Ksar présente un faciès anionique chloruré et un faciès cationique équilibré sodique, calcique et magnésique.

Tableau IV 2. Qualités des eaux phréatiques des palmeraies de Ouargla (A.N.R.H., 2001)

Palmeraies	pH	C.E. (dS.m ⁻¹)	Cations (me. l ⁻¹)				Anions (me. l ⁻¹)				Faciès
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	
Mékhadma	7,2	7,9	17,5	13,0	37,0	3,5	37,2	30,7	4,3	1,1	Cl.Na
Bamendil	8,0	17,6	41,5	56,4	144,6	4,5	122,7	90,2	0,7	0,0	Cl.Na
Said Otba	8,2	23,1	18,8	119,7	189,2	5,6	195,2	139,5	3,6	0,0	Cl.Na
Beni Thour	7,8	6,9	30,2	15,8	28,3	1,1	27,9	40,6	2,8	0,5	S.Ca.Na.Mg
Ksar	7,8	12,5	51,1	49,3	88,0	3,6	85,3	69,6	7,7	0,2	Cl.Na.Ca.Mg

D'autres études ont montré que certaines eaux de nappes sont hyper-chargées en sels, environ 50 g.l⁻¹, soit une salinité moyenne de 32,3 dS.m⁻¹. Le faciès chimique des eaux phréatiques est chloruré sulfaté (HAMDI-AÏSSA et FEDOROFF, 1997 ; HAMDI-AÏSSA et al., 2000). Le faciès des eaux phréatiques et des solutions de sols dans la cuvette de Ouargla est sulfaté calcique, celui-ci évolue vers un faciès sulfaté sodique/magnésien, puis chloruré sodique pour les échantillons les plus concentrés qui correspondent aux eaux de la nappe phréatique et aux solutions des sols de sebkhas (HAMDI-AÏSSA, 2001).

La nappe phréatique a subi un gonflement au cours de l'histoire de Ouargla. En 1883, la nappe était profonde et l'oasis de Ouargla souffrait d'un déficit en eau d'irrigation. La multiplication des forages artésiens en 1930 a conduit à la réclamation du drainage et de l'évacuation des eaux de surface vers le chott, comme étant une nécessité dans la cuvette. En 1950, la réalisation du premier drainage important, le Khendeg (collecteur) des Beni Brahim, profond de 1,5 m, drainant 200 ha de palmeraie. La profondeur de la nappe phréatique observée en 1991 dans les palmeraies du fond de la cuvette est en moyenne de 1,2 m en 1991 (PILLET et IDDER, 1995) ; et atteint 1 m en 1998, elle diminue progressivement vers les zones des chotts et des sebkhas (A.N.R.H., 2000). Le problème de remontée de la nappe phréatique dans la cuvette de Ouargla ces dernières années est dû à la multiplication des points d'eau, au mauvais drainage des eaux agricoles et à la mauvaise gestion des eaux usées. Le drainage reste peu efficace, à cause de l'absence d'exutoire (CÔTE, 1998). Ce parcours succinct montre une remontée importante de la nappe phréatique entre 1883 et 1998. À cette allure et en cas d'absence d'une bonne gestion des eaux usées, d'irrigation et de drainage, les zones basses de la cuvette de Ouargla risquent d'être inondées.

Les effets nuisibles de la remontée des eaux dans la cuvette sont accentués par l'inexistence de réseaux de drainage efficaces. Le drainage se fait dans les palmeraies par des canaux à ciel ouvert et les eaux usées sont rassemblées par des collecteurs des eaux usées. L'ensemble de ces eaux de rejet étant évacué par pompage vers la zone d'Oum Er-Raneb, située dans la cuvette à 8 km de la ville de Ouargla. Toutefois, l'absence d'un vrai exutoire pour les eaux de la cuvette, fait planer un risque de saturation de la zone de rejet et le retour des eaux, s'il n'y a pas une stratégie de gestion rationnelle des eaux.

Dans cette perspective, un projet d'aménagement hydraulique est en cours de réalisation. Il a pour but l'assainissement des eaux de drainage agricole et des eaux usées vers la Sebkha de Safioune, à 20 km au Nord de Ouargla, après un prétraitement des eaux usées par lagunage (A.G.E.P., 2001).

6.2. Nappe du complexe terminal

Le Complexe Terminal (CT) alimente les palmeraies du Bas-Sahara, aux Ziban, Oued Rhir, Oued Souf et Ouargla. Il couvre 350000 km² du bassin oriental du Sahara septentrional (HAMDI-AÏSSA, 2001). Il regroupe plusieurs aquifères situés dans des formations géologiques entre le Turonien et le Miopliocène (CORNET, 1964). L'exploitation en Algérie était de 9 m³.s⁻¹ en 1970, atteindrait aujourd'hui 15 m³.s⁻¹ (DUBOST, 1992). La salinité de la nappe est très variable, elle peut atteindre 3 dS.m⁻¹ et plus. Sa minéralisation dépasse celle de l'Albien. Le complexe terminal à Ouargla est composé de nappes Miopliocène et du Sénonien, plus profonde (GUENDOZ et al., 1992). L'épaisseur de ces formations géologiques est consécutivement de 87 m et 159 m (KARPOFF, 1952). Il y a 598 forages à Ouargla dont 48,66 % non utilisés. La cuvette de Ouargla présente 349 forages dont 183 pour l'irrigation, 169 de nappe Miopliocène et 14 du Sénonien. La profondeur des forages varie de 30 à 237 m (A.N.R.H., 2004). La première nappe utilisée à Ouargla après les puits artésiens fut celle du Miopliocène, en 1883, à une profondeur de 30-60 m (PILLET et IDDER, 1995). Elle s'écoule du Sud-Ouest vers le Nord-Est. La salinité de cette nappe varie de 1,8 à 4,6 g.l⁻¹ (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975). La nappe du Sénonien fut exploitée pour la première fois en 1953 à Mékhadma, à une profondeur de 150-195 m. Elle présente un débit et une salinité plus faibles par rapport au Miopliocène (PILLET et IDDER, 1995 ; A.N.R.H., 2004).

Les forages fournissent 32195,3 m³.ha⁻¹.an⁻¹ pour une superficie irriguée de 1915 ha (D.P.A.T., 2001 ; A.N.R.H., 2004). Le débit fourni est largement suffisant pour les palmeraies, car il dépasse les besoins en eau du palmier dattier, estimés à 26383 m³.ha⁻¹.an⁻¹ (MONCIERO, 1950).

6.3. Nappe du continental intercalaire

Le réservoir du Continental Intercalaire (CI) ou Albien est contenu dans les formations continentales du Crétacé inférieur (CORNET et GOUSCOV, 1952). Il s'étend sur plus de 600000 Km² avec un volume évalué à 50000 milliards de m³ (PNUD-UNESCO, 1972). Elle affleure au Sud-Ouest algérien où depuis longtemps on exploite l'eau par les foggaras de Gourara, du Touat et du Tidikelt (DUBOST, 1992). La nappe devient artésienne et dépasse 1500 m de profondeur au Nord-Est, à Oued Righ et aux Ziban (NESSON, 1978) et présente une température de l'ordre de 60 °C, une pression de 25 Kg.cm⁻² et un débit moyen de 50 l.s⁻¹ (DAOUD et HALITIM, 1994), et une salinité moyenne de 2,4 dS.m⁻¹ ou 1,5 g.l⁻¹ (GUENDOZ et al., 1992).

Les formations continentales du Crétacé inférieur à Ouargla présentent une épaisseur de 1250 m (KARPOFF, 1952). La nappe albienne fut exploitée pour la première fois à

Ouargla en 1956, à une profondeur de 1100-1400 m. Elle présente un débit de 200 à 250 l.s⁻¹, une température d'environ 50 °C et une salinité plus faible par rapport au Sénonien. La température élevée des eaux pose un problème en agriculture et il a fallu procéder au bouchage de certains puits à grand débit pour réduire le risque de remontée des eaux phréatiques (PILLET et IDDER, 1995). Les eaux présentent une teneur nulle en nitrates par rapport à celle du complexe terminal, comprise entre 15 à 47 mg.l⁻¹. La salinité des eaux albiennes oscille entre 1,6 et 3 g.l⁻¹ (A.N.R.H., 2000).

7. Pédologie

La région de Ouargla est caractérisée par des sols légers à prédominance sableuse et à structure particulière. Ils sont caractérisés par un faible taux de matière organique, un pH alcalin, une activité biologique faible, une forte salinité et une bonne aération (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

L'étude de HAMDI-AÏSSA (2001) réalisée avec la télédétection et la prospection sur terrain a montré que les sols dans la cuvette de Ouargla sont à prédominance salsodique, hydro-halomorphe et minéraux bruts. L'étude des états de surface des sols (Fig. IV 6), après classification ascendante hiérarchique, montre qu'ils sont constitués de cinq Pédopaysages :

1. Un plateau à 180-200 m d'altitude, caractérisé par une croûte pétrocalcarique, surmontant une croûte pétrogypsique.
2. Les glacis et les versants Ouest de la cuvette, sont en grande partie recouverts de matériaux alluvio-éoliens, sans développement pédologique notable (Régosols sableux et/ ou à graviers).
3. Les bordures des glacis étagés à 180 m, à 160 m et à 140 m, bien visibles, en partie érodées, se caractérisant par l'affleurement du substrat gréseux du Miopliocène (Lithosols).
4. La cuvette comprend un ensemble légèrement surélevé, constituant le pédopaysage gypseux, caractéristique du chott situé entre 140 et 135 m d'altitude. Il est subdivisé :
 - Sols à croûtes gypseuses de surface,
 - Sols gypso-salins, à croûtes gypseuses de sub-surface et croûtes salines de surface.
5. Le centre de la cuvette de 135-130 m d'altitude, correspond au pédopaysage salin à croûtes salines de surface.

Les études de sols dans la cuvette de Ouargla de DUTIL (1971) et les cartes pédologiques établies par HAMDI-AÏSSA (2001) montrent que les sols de la cuvette présentent des encroûtements et croûtes gypseuses à gypso-calcaires de nappes.

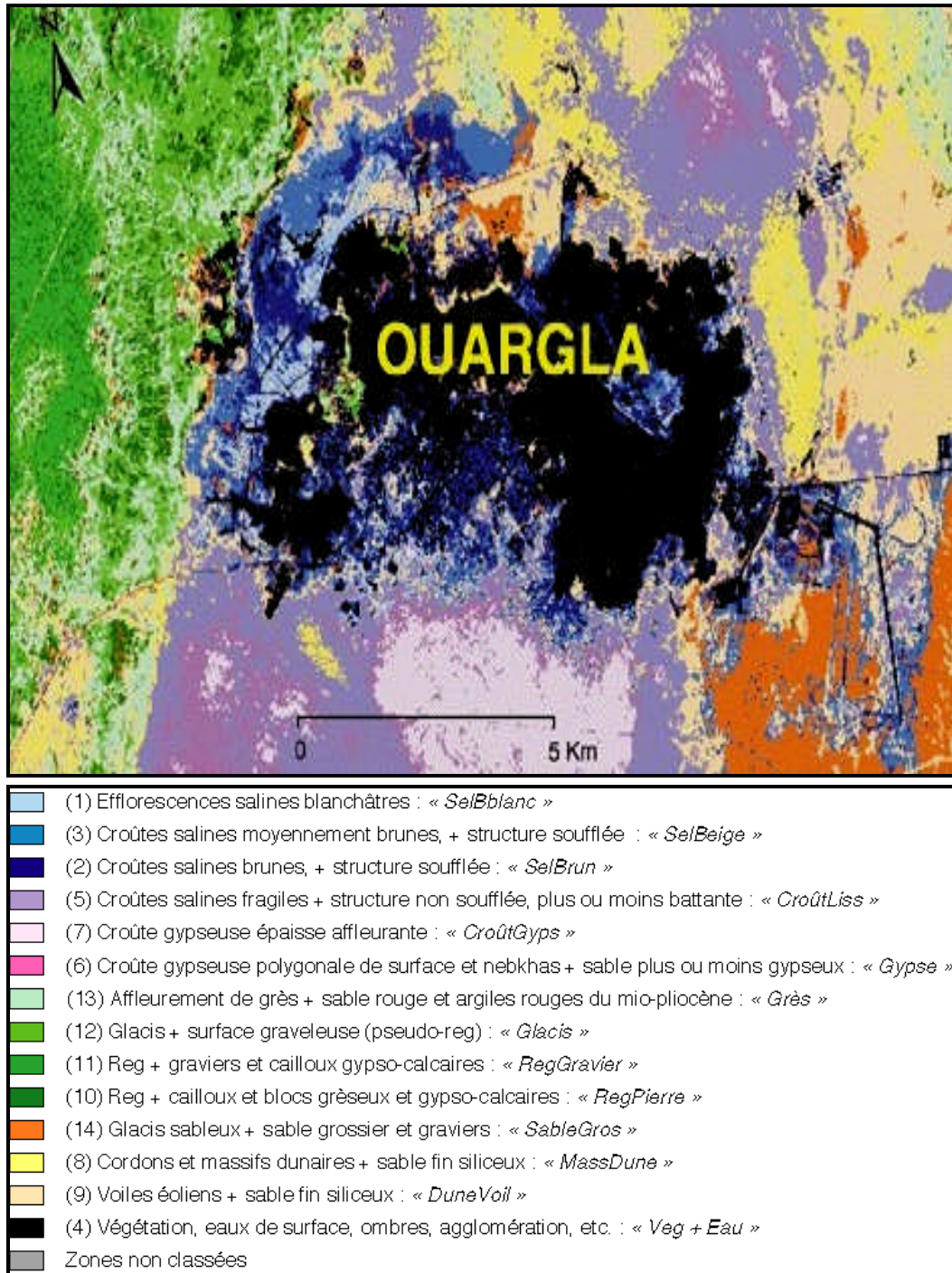


Figure IV 6. Carte des états de surface des sols à Ouargla (HAMDI-AÏSSA, 2001)

8. Végétation naturelle

La végétation à Ouargla change en fonction de la géomorphologie de la zone et la nature des sols. Elle varie entre le plateau, les pentes, les bas-fonds de la cuvette et la sebkha. La surface du plateau du Hamada à l'Ouest de la cuvette est marquée par deux associations végétales steppiques (BARRY et al., 1968, 1973):

1. Steppe à Graminées de type *Aristida plumosa* caractéristique des sols sur grès à

texture grossière en surface et *Traganum nudatum* (BARRY et al., 1968, 1973), arbuste des renonculacées très commun sur les regs et les plateaux pierreux (OZENDA, 2004). Elle est connue aussi comme étant une espèce gypsophile des sols sablo-gypseux et sableux, présentant en profondeur un encroûtement gypseux de nappe (POUGET, 1980).

2. Steppe à *Aristida plumosa* associée avec une légumineuse en buisson *Anthyllis henoniana* (OZENDA, 1983) et *Traganum nudatum*, arbuste des Chénopodiacées qui domine l'embouchure de l'Oued N'Sa, à l'ouest de la sebkha Safioune (BARRY et al., 1968, 1973 ; CHAHMA, 2006).

Les pentes et les falaises gréseuses miopliocènes ainsi que l'amont des versants de la cuvette de Ouargla présentent un couvert végétal clairsemé d'une steppe composé de *Aristida plumosa*, de Crucifère en buisson *Oudneya africana* et *Randonia africana*, arbrisseau de 5-10 dm ramifié dès sa base de la famille des Résédacées (BARRY et al., 1968, 1973 ; OZENDA, 2004).

Dans les bas-fonds de la cuvette, on trouve des espèces psamophile, halophile, gypsophile et hydro-halophile. Les dunes de bordure des sebkhas qui allongent la vallée de l'oued Mya sont couvertes par *Aristida pungens* « drinn » dont la densité s'accroît localement jusqu'à former une pseudosteppe très ouverte. Dans les Ergs mineurs, à l'est de la cuvette de Ouargla, on trouve des Graminées de *Danthonia forskaolii*, *Aristida acutiflora* et des petits arbustes Boraginacées de *Moltkia callosa*, et une steppe à *Aristida acutiflora* associée à *Cornulaca monacantha* « had », arbrisseau de la famille des Chénopodiacées (BARRY et al., 1968, 1973 ; OZENDA, 2004).

Dans les dépressions salées (chotts), la végétation change en fonction de l'humidité des sols. Sur les sols salés un peu secs s'établit une steppe caractéristique par un lot de Chénopodiacées vivaces (*Salsola foetida*, *Salsola sieberi*, *Traganum nudatum*,) et par *Zygophyllum album* (OZENDA, 1983 ; OZENDA, 2004). Lorsque le terrain est plus humide et la salure dépasse 7-8 dS.m⁻¹ d'extrait de pâte saturée, aux bordures de la sebkha, le sol présente des espèces gypsohalophiles (POUGET, 1980) et la végétation passe à une formation halophile des Tamaricacées « tarfa » (*Tamarix boveana*, *T. balansae* et *T. pauciovulata*) où les Chénopodiacées sont bien représentées (*Atriplex halimus*, *Suaeda fruticosa*, *Suaeda vermiculata*, *Traganum nudatum*, *Cornulaca monacantha*). Aussi, d'autres espèces halophiles comme *Frankenia thumifolia* et gypsophile comme *Zygophyllum album* « el-Agga » (OZENDA, 1983 ; OZENDA, 2004 ; CHAHMA, 2006).

Enfin, sur les larges étendues de la sebkha, présentant une eau saumâtre et des croûtes salines, sans vie apparente « vrai désert » (LE HOUEROU, 1990), où existent des espèces typiquement hydro-halophites (POUGET, 1980) comme *Tamarix Galica*, *Tamarix Africana*, *Salicornia fructuosa* (OZENDA, 1983 ; OZENDA, 2004) et *Fragmites communis* « G'Seba » envahit les drains des palmeraies, souffrant de remontée de nappe phréatique, et les sols proches de la sebkha (CÔTE, 1998 ; IDDER, 1998 ; HAMDI-AÏSSA et al., 2000).

9. Phoeniculture

Les oasis de la cuvette de Ouargla couvrent plus de 6000 ha de palmeraies. La commune de Ouargla se caractérise par un patrimoine phœnicicole qui comprend 280605 palmiers dattiers, représentant 33 % de l'effectif total de la cuvette, et une superficie de 1915 ha, dont 97,4 % pour le secteur traditionnel, et 2,6 % pour les périmètres de mise en valeur. La densité des palmiers est en moyenne de 147 palmiers / ha dans le secteur traditionnel, et 123 palmiers / ha pour les périmètres de mise en valeur (D.P.A.T., 2001).

Toutefois, de nombreuses palmeraies traditionnelles sont délaissées à cause de la remontée des eaux de drainage et de la salinisation des sols. Les palmeraies traditionnelles présentent des cultures intercalaires : arboriculture (figuier, olivier, abricotier), cultures fourragères (luzerne, orge et sorgho) et des cultures maraîchères. Les cultures sont irriguées par submersion en planches, en cuvettes ou en rigoles avec des eaux du complexe terminal. Les périmètres de mise en valeur, situés à l'Est et au Nord de la cuvette de Ouargla, présentent une activité agricole moderne, où sont pratiqués essentiellement la céréaliculture sous pivot, la phœniciculture avec du goutte à goutte et l'élevage. L'élevage camelin, caprin et ovin à Ouargla est une activité ancienne, elle a pris de l'ampleur avec les subventions de l'état. Ces dernières ont touché aussi l'aviculture et l'élevage bovin.



Troisième partie

Matériels et méthodes

Chapitre V. Matériels d'études

1. Choix des sites d'études

Notre étude expérimentale concerne la cuvette de Ouargla. Les sites d'études couvrent plusieurs palmeraies, d'altitudes et de niveaux phréatiques différents.

Pour apprécier les contraintes hydro-édaphiques et leurs effets sur le palmier dattier, notre étude a été réalisée en trois phases, entre 2001 et 2005, et dans trois zones de la cuvette, comme suit (Fig. V 1):

- 1. Zone I:** elle couvre un ensemble de secteurs phoenicicoles de l'oasis de Ouargla, où nous avons réalisé, entre 2001 et 2002, la première phase de l'expérimentation. Elle vise à étudier la nature et les niveaux des stress hydro-édaphiques et la tolérance des palmiers dattiers à ces derniers,
- 2. Zone II:** elle est située dans l'exploitation de l'université de Ouargla, où nous avons réalisé, entre 2002 et 2003, la deuxième phase de l'expérimentation. Elle vise à étudier les effets des stress hydro-édaphiques sur l'enracinement des palmiers, de même âge,
- 3. Zone III:** elle concerne plusieurs palmeraies de Ouargla, où nous avons réalisé, entre 2004 et 2005, la troisième phase de l'expérimentation. Elle consiste à apprécier les effets des stress évoqués auparavant sur l'enracinement des palmiers, d'âges de plantations différents.

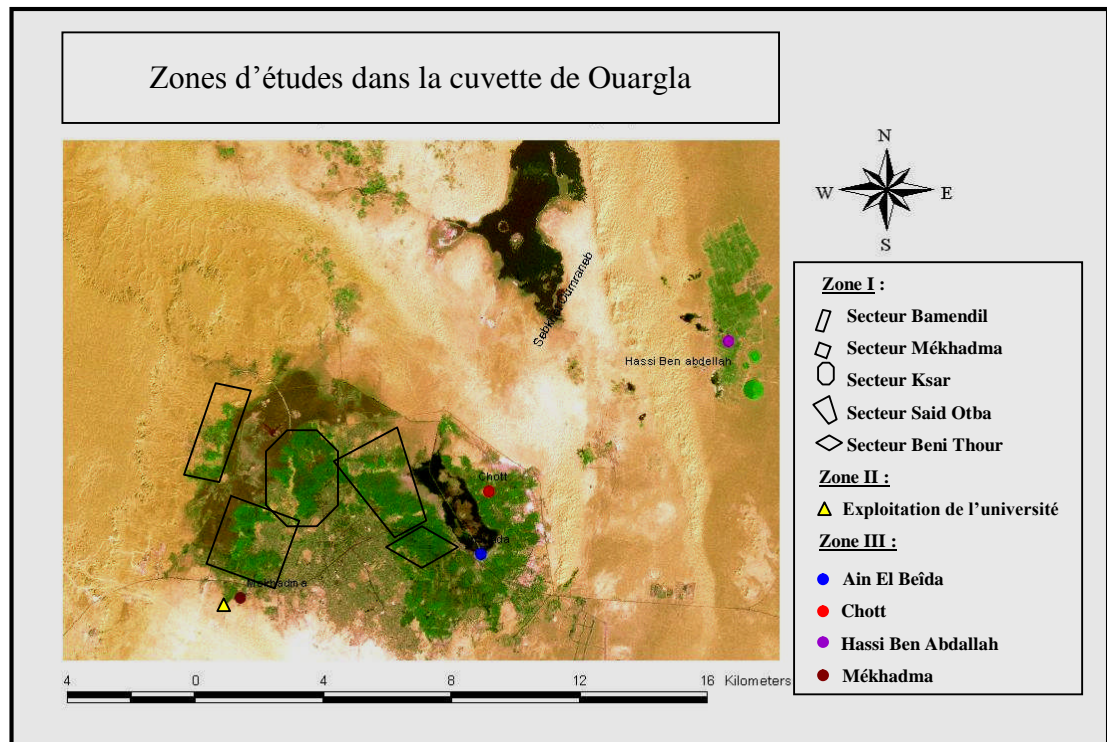


Figure V 1. Localisation des sites expérimentaux à Ouargla (A.N.R.H., 2005)

2. Zone d'étude I

2.1. Choix des sites expérimentaux

Dans le cadre de cette phase, nous avons choisi l'oasis de Ouargla, compte tenu de l'importance de son patrimoine phoenicicole et l'état de dégradation des conditions hydro-édaphiques, notamment le gonflement de la nappe phréatique et l'existence d'accumulations gypso-salines (D.P.A.T., 2001).

Les palmeraies sont rassemblées autour d'un chott assez vaste, qui fait lui-même partie d'une sebkha étendue, entourant aux trois quarts l'oasis (LEHURAUX, 1945). Le niveau hydrostatique de la nappe phréatique dans la zone étudiée varie entre 0 et 2 m (A.N.R.H., 2000), et les sols sont à dominance sableuse (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975 ; HAMDI-AÏSSA, 2001).

L'étude couvre cinq secteurs phoenicicoles de la cuvette de Ouargla, situés dans différentes directions autour du centre de la ville de Ouargla, à Bamendil, Mékhadma, Ksar, Said Otba et Beni Thour (Fig. V 1). L'ensemble de ces secteurs forme 97 % de la superficie totale occupée par la phœniciculture dans la commune de Ouargla, à savoir 1915 ha. Cette commune est située à une altitude de 130 à 161 m, une longitude de 5°17' à 5°23' Est et une latitude de 31°65' à 31°95' Nord (D.S.A.O., 2001).

2.2. Echantillonnage

2.2.1. Echantillonnage des palmeraies

Les palmeraies sont choisies en fonction du niveau de la nappe phréatique et de l'existence de palmiers dattiers adultes de type Déglet Nour. LEMMENT (1932), recommande pour les oasis sahariennes un drainage des sols à une profondeur de 1,2 m. Toutefois, l'étude de DUBOST (1991) dans le sud est algérien montre que dans les palmeraies sableuses bien drainées, la nappe phréatique doit avoir une profondeur de 1,3 m.

Sur cette base, notre méthode d'étude consiste à choisir dans la cuvette de Ouargla des palmeraies de nappes superficielles (Pns), inférieures ou égales à 1,2 m de profondeur, celle-ci constitue la zone de drainage critique, et des palmeraies de nappes profondes (Pnp), supérieures à 1,2 m de profondeur. Notre échantillonnage a porté sur un total de 167 palmeraies, dont une partie présente des croûtes, à dominance gypseuse de nappe (HAMDI-AÏSSA, 2001).

Le nombre de palmeraies observées par secteur traduit l'importance de chaque secteur phoenicicole choisi dans le fond de la cuvette (Tabl. V 1). L'échantillonnage a été basé sur la disposition des agriculteurs à la coopération. Dans l'ensemble des secteurs, les palmeraies échantillonnées présentent une prédominance de nappes superficielles, sauf à Said Otba où les

nappes profondes prédominant, ce qui dénote l'efficacité d'un bon drainage dans ce secteur phoenicicole.

Tableau V 1. Echantillonnage des palmeraies dans la cuvette de Ouargla

Secteurs	Nombre de palmeraies sans croûtes			Nombre de palmeraies avec croûtes		
	Total	Pns	Pnp	Total	Pns	Pnp
Bamendil	38	23	15	6	3	3
Mékhadma	38	20	18	10	10	0
Said Otba	34	6	28	0	0	0
Ksar	21	13	8	4	3	1
Beni Thour	13	10	3	3	2	1
Total	144	72	72	23	18	5

Pns : Palmeraies de nappes superficielles **Pnp** : Palmeraies de nappes profondes

2.2.2. Echantillonnage des palmiers

L'échantillonnage a touché seulement les palmiers dattiers adultes de type Déglet Nour, avec un âge de plantation compris entre 15 et 45 ans. Les mesures hydro-édaphiques et d'enracinement des palmiers dattiers, effectuées au niveau des palmeraies, représentent la moyenne d'un échantillonnage aléatoire effectué au niveau de trois palmiers dattiers adultes. Cependant, les mesures de rendements par palmeraie représentent le rapport entre la production et l'effectif des palmiers dattiers adultes.

2.3. Conduite culturale

Les palmeraies sont des propriétés privées, individuelles ou collectives, conduites traditionnellement. Elles présentent des cultures sous jacentes, de types fourragères, maraîchères et arboricoles. Les palmeraies sont peu organisées, polyvariétales, avec des écartements entre palmiers variables. Les agriculteurs utilisent les amendements organiques et peu d'engrais chimiques. Les amendements sableux sont utilisés aussi comme moyen de lutte contre la remontée capillaire des sels.

Les brise-vents sont rudimentaires, de types Djérid, peu efficaces. Les palmeraies sont soumises à différents problèmes comme les déprédateurs, tels que boufaroua, vert de la datte, cochenille blanche et oiseaux, et l'envahissement des plantes spontanées hygro-halophiles, comme *Tamarix gallica* et *Phragmites communis*.

2.4. Irrigation-drainage

Les palmeraies étudiées sont irriguées par submersion. Selon l'agence nationale des ressources hydriques à Ouargla (A.N.R.H., 2004), les eaux d'irrigation des secteurs étudiés sont à l'origine de 27 forages : 20 dans la nappe du Miopliocène et deux de la nappe du

Sénonien. La profondeur et le débit des forages varient pour la nappe du Miopliocène, de 59 à 95 m, et pour la nappe du Sénonien de 181 à 200 m. Le débit de ces forages varie de 12,3 à 48,1 l / s pour la nappe du Miopliocène et de 11,4 à 17,8 l / s pour la nappe du Sénonien.

Le débit fourni aux agriculteurs par les structures techniques de l'hydraulique est de 1,5 l / s / ha, de façon continu, si le débit du forage est suffisant et par tour d'irrigation entre les agriculteurs en cas d'insuffisance de débit.

Le débit fourni est largement suffisant pour les palmeraies. Selon MONCIERO (1950), les besoins des palmeraies à El-Arfiane, au sud est algérien, proche de Ouargla, sont estimés à 0,7 l/s/ha pour la période fraîche, d'octobre à mars, et 1 l/s/ha pour la période chaude, d'avril à septembre.

Toutefois, les doses mensuelles d'irrigation, la durée et la fréquence d'irrigation sont difficiles à mesurer, car elles dépendent de la gestion des agriculteurs. Les fréquences d'irrigation changent en fonction des saisons. Généralement, elles sont de une à deux irrigations par quinzaine en hiver et de deux à trois irrigations par semaine en été.

Le drainage est de type à ciel ouvert, peu efficace, dû au mauvais entretien du réseau de drainage dans les palmeraies, envahi par les plantes hygro-halophiles, comme le phragmites et le tamarix ; ainsi qu'à la mauvaise évacuation des eaux de drainage en dehors des palmeraies, à cause des collecteurs principaux mal entretenus (Photo V 1). Cette situation engendre des accumulations salines à la surface des sols des secteurs phoenicoles (Photo V 2).



Photo V 1. Drain et collecteur principal mal entretenus à Mékhadma



Photo V 2. Accumulations salines à la surface des sols de la palmeraie de Mékhadma

3. Zone d'étude II

3.1. Choix du site expérimental

Nous avons choisi l'exploitation de l'université de Ouargla pour la réalisation de cette étude parce que c'est une exploitation moderne. Elle fait partie de la cuvette de Ouargla et présente un niveau de nappe variable, des accumulations gypso-salines et des palmiers dattiers organisés, de type Déglet Nour.

L'exploitation a été créée en 1957 par le service colonial pour la mise en valeur. Elle est située à Mékhadma, six kilomètres au sud Ouest de la ville de Ouargla, à une altitude comprise entre 132,5 et 134 m, une latitude de 31°56' Nord et une longitude de 5°17' Est. Elle présente une orientation Nord-Ouest, dans une zone peu élevée, en bordure du chott de Mékhadma (Fig. V 1). La dénivelée topographique entre le chott et l'exploitation est d'environ deux mètres, avec quelques contre pentes. Selon les études antérieures (LAHMAR, 1992 ; DADDI BOUHOUN et BRINIS, 2006), l'exploitation présente une nappe phréatique de profondeurs variables, est profonde dans son côté Sud et superficielle au Nord, pouvant atteindre 0,7 m de profondeur. Les sols sont sableux à limono-sableux, salés, légèrement basiques et pauvres en matière organique, avec des croûtes compactes et encroûtements gypseux. Ils sont classés comme solonchaks gypsiques.

L'exploitation couvre une superficie de 36 hectares, divisée en huit secteurs A, B, C, D, E, F, G et H. Seul les secteurs A, B, C et D sont aménagés et exploités, et chacun d'eux est divisé en deux demi-secteurs. Les quatre secteurs couvrant une superficie de 14,4 hectares, sont cultivés en palmier dattier avec un effectif de 1270 palmiers.

3.2. Echantillonnage

3.2.1. Echantillonnage des secteurs

L'échantillonnage des secteurs de la phase II de l'étude a été réalisé dans le sens d'avoir une variation dans les niveaux de la nappe phréatique et des accumulations gypso-salines. Il suit une orientation Nord-Ouest, vers le chott de Mékhadma, couvrant les demi-secteurs B2, B1, A2, A1 et C1, où l'altitude passe respectivement de 134 et 132,5 m entre le premier et le dernier demi-secteur (Fig. V 2).

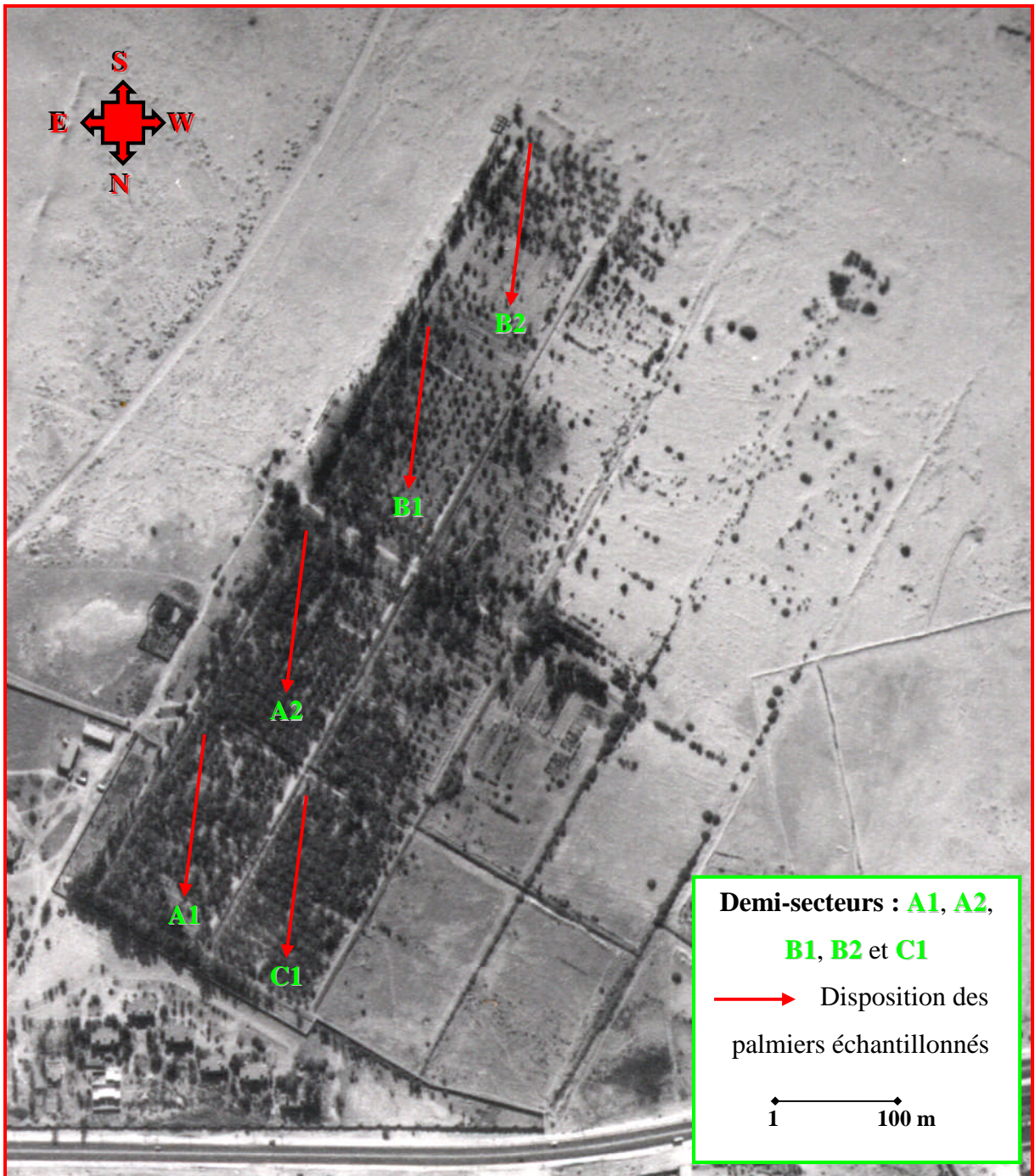


Figure V 2. Vue aérienne de l'exploitation de l'université de Ouargla (I.N.C.T., 1989)

3.2.2. Echantillonnage des palmiers

Les palmiers dattiers ont un âge de plantation compris entre 2 et 44 ans. L'échantillonnage a touché seulement les palmiers dattiers adultes de type Déglet Nour, en bonne santé et sans rejets, présentant un âge de plantation de 44 ans. Nous avons échantillonné 25 palmiers dattiers Déglet Nour, représentant environ 3,68 à 17,24 % des palmiers de même âge dans les demi-secteurs cultivés. Les palmiers sont répartis d'une façon équitable entre les demi-secteurs échantillonnés, à savoir cinq palmiers dattiers dans chaque demi-secteur, disposés de façon diagonale, vers le Nord-Ouest, suivant la pente du terrain. L'échantillonnage dans les demi-secteurs étudiés dépasse 10 % de l'effectif en bonne santé et sans rejets. Ce dernier taux reste satisfaisant pour toute étude expérimentale (DAGNELIE, 1981). Des mesures hydro-édaphiques et sur palmiers dattiers sont effectuées au niveau de chaque palmier dattier.

3.3. Conduite culturale

L'exploitation est conduite de façon traditionnelle, utilisant les amendements organiques et peu d'engrais chimiques. Elle est bien organisée, avec un écartement entre palmiers dattiers de 9 m. L'effectif théorique est de 122 palmiers par hectare et réel de 88 palmiers par hectare. On dénombre plusieurs types de palmiers dattiers qui sont Déglet Nour, Ghars, Déglâ Beida, variétés communes et Dokkars, avec respectivement les taux de 67,32 %, 21,26 %, 2,13 %, 6,14 % et 3,15 %. Il y a aussi des cultures sous jacentes, de types fourragers et maraîchers dans quelques demi-secteurs.

L'exploitation est protégée par un brise-vent formé d'une double rangée d'arbres, d'eucalyptus et de casuarina, du côté Est et Nord. L'absence d'une protection sur le côté Sud et Ouest à cause de l'ensablement des secteurs B, D, F et H. Toutefois, il existe une rangée d'eucalyptus qui protège les secteurs A et C du côté sud, et les secteurs B et D du côté Nord.

Les brise-vents sont mal entretenus, présentant des signes de dégradation et l'eucalyptus subit un dessèchement. Les palmiers dattiers sont soumis aux problèmes des prédateurs, notamment la cochenille blanche, le boufaroua, le vert de la datte et les oiseaux. Les traitements phytosanitaires sont utilisés au niveau de l'exploitation. La végétation spontanée couvre particulièrement les secteurs E, F, G et H. Elle indique une nature de sol de type gypso-saline et sableuse. Les principales espèces identifiées sont : *Tamarix gallica*, *Zygophyllum album*, *Arustida pungens*, *Traganum nudatum*, *Phragmites communis* et *Suaeda mollis*.

3.4. Irrigation-drainage

L'irrigation de l'exploitation est assurée par deux forages du complexe terminal, chargée en sels, de type Sénonien et Miopliocène, avec un débit compris entre 0,98 et 1,2 l / s / ha. Le réseau d'irrigation est formé de conduite enterrée avec trois à quatre vannes par secteur. Il existe actuellement onze vannes fonctionnelles sur toute l'exploitation. Les autres sont en mauvais état, ensablées ou déficientes au niveau du système de fermeture, ce qui cause des pertes d'eau qui contribuent à élever le niveau de la nappe phréatique, principalement dans les secteurs A et C. L'irrigation se fait par submersion des planches, en moyenne une fois par semaine en hiver et deux fois par semaine en été. Le réseau de drainage est constitué de sous-drains à ciel ouvert tous les 100 m, débouchant sur un collecteur principal, qui évacue les eaux de drainage vers le chott de Mékhadma. L'ensemble des drains sont mal entretenus, ensablés et envahis principalement par les phragmites.

4. Zone d'étude III

4.1. Choix des sites expérimentaux

Dans cette phase, les sites expérimentaux sont formés de quatre stations de palmeraies, dont trois sont situés au fond de la cuvette de Ouargla, à Mékhadma, Ain El-Beïda et au Chott. La quatrième station est située à Hassi Ben Abdallah, en amont du versant Nord-Est de la cuvette. Les stations d'études sont situées à une distance de 6 à 26 km par rapport à la ville de Ouargla, comprises entre : une altitude de 123 à 152 m, une latitude de 31°56' à 31°59' Nord et une longitude de 5°17' à 5°26' Est (Fig. V 1). Elles sont réparties dans trois communes de la cuvette de Ouargla, suivant une orientation Nord-Est. La première station de Mékhadma, commune de Ouargla, la deuxième et la troisième du Chott et de Ain El-Beïda, commune de Ain El-Beïda, et la dernière de Hassi Ben Abdallah, commune de Hassi Ben Abdallah.

Les stations sont choisies de façon à assurer une variabilité d'âge de plantation des palmiers dattiers Déglet Nour, de nature de sol et du niveau de la nappe phréatique, conformément aux toposéquences de sols réalisées par HAMDI-AÏSSA (2001). La nappe phréatique est profonde à Hassi Ben Abdallah et superficielle dans les trois autres stations d'études. Les sols sont de prédominance sableuse et pauvres en matière organique, présentant un taux d'accumulation gypso-saline pauvre à Hassi Ben Abdallah et riche dans les autres stations.

Les palmeraies étudiées appartiennent au secteur privé, ont été créées entre 1967 et 1989, et d'une superficie phoenicicole comprise entre 1 et 1,2 ha.

4.2. Echantillonnage des palmiers

Les palmiers dattiers échantillonnés ont un âge de plantation variable, 16 ans à Ain El-Béïda, 20 ans à Mékhadma, 33 ans à Hassi Ben Abdallah et 38 ans au Chott. L'échantillonnage a touché 20 palmiers dattiers de type Déglet Nour, en bonne santé et sans rejets, à savoir cinq palmiers dattiers dans chaque station, disposés de façon diagonale. Ils représentent un taux compris entre 10,2 et 19,23 % de l'effectif de chaque palmeraie. Des mesures hydro-édaphiques et sur palmiers dattiers sont effectuées au niveau de chaque palmier dattier.

4.3. Conduite culturale

Les palmeraies appartiennent au secteur privé, conduites de façon traditionnelle, utilisant les amendements organiques et peu d'engrais chimiques. Elles sont peu organisées à organisées, avec un écartement entre palmiers compris entre 8 et 10 m, et de 98 à 146 palmiers par hectare. Les palmiers dattiers sont constitués de plusieurs variétés, composés de 27,94 à 81,63 % de Déglet Nour, 13,89 à 59,56 % Ghars et de 0 à 12,5 % de variétés communes. Il existe aussi dans les palmeraies des cultures sous jacentes, de types maraîchers et fourragers. Les agriculteurs au fond de la cuvette de Ouargla, de nappes superficielles, luttent contre la salinisation par le raclage des accumulations salines de surface et l'utilisation des amendements sableux. Les brise-vents sont traditionnels, de types Djérids et peu efficaces. Les déprédateurs signalés pour le palmier dattier sont notamment la cochenille blanche, le boufaroua, le vert de la datte et les oiseaux. Les traitements phytosanitaires sont utilisés dans l'ensemble des stations. Les plantes spontanées rencontrées sont variables, de types hygrophiles, halophiles, gypsophiles et psamophiles. Les exemples de ces types sont respectivement *Phragmites communis*, *Tamarix gallica*, *Zygophyllum album* et *Moltkia ciliata*.

4.4. Irrigation-drainage

Les eaux d'irrigation sont fournies par un forage collectif, de type albien à Hassi Ben Abdallah et Miopliocène dans les autres stations, du fond de la cuvette de Ouargla. Les eaux de la première station sont moins chargées en sels par rapport aux autres stations, mais de température plus élevée. Les stations sont irriguées par submersion des planches, une à deux fois par semaine en hiver et deux à trois fois par semaine en été. Le débit fourni aux agriculteurs est de 1,5 l / s / ha, par tour d'irrigation. Les stations du fond de la cuvette présentent une nappe phréatique superficielle et un drainage à ciel ouvert, peu efficace. Cependant, la quatrième station à Hassi Ben Abdallah présente une nappe profonde, sans système de drainage.

Chapitre VI. Méthodes d'études

1. Approches méthodologiques

Notre approche méthodologie consiste à étudier les conditions hydro-édaphiques et leurs effets sur le palmier dattier, de type Déglet Nour, en passant par trois phases expérimentales:

1. **Phase I:** étudier la nature et les niveaux des stress hydro-édaphiques dans la cuvette de Ouargla et la tolérance des palmiers dattiers à ces derniers. L'étude de la tolérance consiste à apprécier les effets des stress sur les niveaux d'enracinement et le potentiel nutritionnel des palmiers adultes, exprimé par les niveaux de rendement en dattes,
2. **Phase II:** étudier les effets des stress hydro-édaphiques, de types hydro-salins et mécaniques sur le développement du système racinaire des palmiers, de même âge,
3. **Phase III:** étudier les effets des stress évoqués précédemment sur le développement du système racinaire des palmiers, d'âges de plantations différents.

1.1. Etude hydro-édaphique

L'étude hydro-édaphique comprend la nappe phréatique, l'eau d'irrigation et le sol. Elle nous permet d'apprécier les niveaux de dégradation de l'environnement oasien à Ouargla.

1.1.1. Etude de la nappe phréatique

L'étude de la nappe phréatique consiste à estimer le niveau et la qualité de celle-ci. Il est effectué dans les palmeraies étudiées pendant la période des hautes eaux, de décembre à février, durant laquelle les irrigations sont espacées et perturbent peu la représentativité des mesures. Le niveau de la nappe y atteint sa position la plus élevée.

Nous avons effectué dans la première phase une mesure de la profondeur moyenne de la nappe (P.n.) par palmeraie, jusqu'à 1,2 m, selon trois sondages électriques aléatoires. Les mesures sont effectuées dans un trou creusé à l'aide d'une tarière, au centre de la planche d'irrigation, et à 80 cm du stipe des palmiers dattiers (Photo VI 1). La palmeraie est dite de nappe profonde, si le niveau de la nappe dépasse 1,2 m de profondeur. Cependant, si le niveau de la nappe est inférieur ou égale à 1,2 m de profondeur, la palmeraie est considérée de nappe superficielle. Les niveaux hydrostatiques des nappes sont donc classés en deux grands groupes de profondeurs : superficielles et profondes.

Les sondages du niveau de la nappe phréatique dans la phase II et III, atteint 3 m de profondeur. Ils sont effectués dans un profil de sol, situé au centre de la planche d'irrigation, et à 80 cm du stipe des palmiers dattiers. Pour les zones de nappes de profondeur, supérieure à 1,2 m, le profil est approfondi jusqu'à 1,5 m, puis on effectue un sondage électrique dans un

trou creusé au fond du profil à l'aide d'une tarière de 1,5 m (Photo VI 2).



Photo VI 1. Tarière et sonde électrique



Photo VI 2. Sondage des nappes, croûtes, enracinement et prélèvements d'échantillons de sols

Nous avons étudié la qualité des eaux phréatiques, en effectuant des mesures de salinité en conductivité électrique (C.E._n) dans toutes les phases de l'étude, et la charge saline en résidu sec (R.s._n) et le pH_n dans les deux dernières phases de l'étude.

1.1.2. Etude de l'eau d'irrigation

Nous avons étudié la qualité des eaux d'irrigation, en réalisant au cours des phases de l'étude des mesures de salinité en conductivité électrique (C.E.), et de pH_i dans les deux dernières phases de l'étude.

1.1.3. Etude du sol

Au cours de notre recherche, nous avons mesuré la profondeur des croûtes gypseuses et réalisé une étude morfo-analytique des sols.

1.1.3.1. Profondeur des croûtes gypseuses

L'étude des croûtes consiste à mesurer sur terrain leurs profondeurs dans les sols des palmeraies et à mesurer leurs salinités et déterminer leurs natures au laboratoire. Les échantillons des croûtes sont séchés à l'air libre et tamisés à 2 mm avant d'effectuer les analyses au laboratoire. La profondeur des croûtes gypseuses (P.c.) est déterminée parallèlement au sondage de la nappe phréatique dans la première phase et dans les profils du sol dans les phases II et III (Photo VI 2).

1.1.3.2. Morphologie des sols

L'étude morphologique des sols a été réalisée au cours des phases II et III de l'étude, et au niveau des profils de 1,2 m de profondeur. Elle consiste à faire une description morphologique des profils, pour déterminer le nombre et la profondeur des horizons, et apprécier leurs caractéristiques physiques et chimiques. On détermine particulièrement la couleur par la charte de MUNSELL, et la texture, la structure, les éléments grossiers, la compaction, la cimentation, la matière organique, le gypse et le calcaire, par l'observation, le toucher et par le test d'effervescence à l'HCl. Ces paramètres ont été choisis en fonction de leur importance dans la description morphologique des sols et l'évaluation de leurs qualités selon plusieurs manuels (EDMONDS et al., 1998 ; U.S.D.A., 1999 ; VAN GOOL et MOORE, 1999 ; MILFORD et al., 2001). L'étude des profils dans les zones de nappes superficielles a nécessité l'extraction des eaux phréatiques des profils pour effectuer l'étude morphologique et prélever des échantillons de sols à analyser (Photo VI 3).

1.1.3.3. Analyse des sols

L'étude analytique des sols varie en fonction des phases expérimentales. Dans la première phase et au moment de l'étude de la nappe, nous avons prélevé des échantillons de sols, entre deux irrigations, à une profondeur de 0-40 cm et au niveau des croûtes gypseuses, à l'aide de la tarière (Photo VI 2). Trois échantillons sont effectués dans chaque palmeraie, séchés à l'air libre et tamisés à 2 mm. Ils sont mélangés pour mesurer leurs salinités, la conductivité électrique des sols (C.E._{e1:5}) et des croûtes (C.E._{ec1:5}). La nature des croûtes est

déterminée dans la première phase, grâce aux cartes et aux toposéquences des sols de la cuvette de Ouargla (HAMDI-AÏSSA, 2001), et confirmée par deux tests d'appréciation rapide, sans quantification, des échantillons de croûtes au laboratoire. Le premier test d'effervescence à l'HCl, pour détecter la présence du calcaire (CaCO_3) et le deuxième test de précipitation des sulfates de gypse ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) par BaCl_2 , nous permet de confirmer la présence du gypse. Dans les autres phases expérimentales qui suivent, la nature des croûtes est déterminée par quantification analytique au laboratoire.



Photo VI 3. Extraction des eaux phréatiques d'un profil de nappe superficielle

Au cours de la deuxième et la troisième phase de l'étude, nous avons effectué des mesures de l'humidité (H) et de la densité apparente (D_a) au niveau des profils, chaque 10 cm de profondeur, et l'analyse des échantillons de sols, nous a permis de caractériser les horizons, de faire une classification des sols de palmeraies et d'étudier les variations des sels solubles et peu solubles au niveau des profils. Les analyses réalisées sont la $\text{CE}_{e1:5}$, le $\text{pH}_{e1:5}$, le calcaire et le gypse.

1.2. Etude des palmiers dattiers

L'étude des palmiers dattiers a porté sur deux volets, à savoir l'étude de l'enracinement et des rendements. Elle vise à mesurer les effets des conditions hydro-édaphiques sur ces derniers, en étudiant les interactions nappes-sols-palmiers.

1.2.1. Etude de l'enracinement

L'enracinement du palmier dattier de type Déglet Nour a été étudié dans les trois phases de notre recherche. Dans la première phase expérimentale, nous avons mesuré seulement la profondeur racinaire par sondage (Photo VI 2), et dans les deux autres phases nous avons étudié, en plus de la profondeur racinaire, d'autres paramètres dans les profils d'enracinement et la hauteur des racines respiratoires aériennes. Ces paramètres

supplémentaires sont la morphologie, la densité et le diamètre racinaire (Fig. VI 1).

1.2.1.1. Profondeur racinaire

L'étude de la profondeur racinaire (P.r.) a été mesurée différemment entre les trois phases expérimentales. L'estimation de la profondeur racinaire dans la première phase a été effectuée parallèlement aux mesures de nappes, croûtes et sols. En l'absence d'une sonde mécanique pour l'échantillonnage et l'étude de la profondeur racinaire des arbres comme celle des cultures de plein champ (HANSSON, 1987), nous avons adopté une méthode de mesure, basée sur le sondage progressif de l'enracinement du palmier dattier.

La méthode consiste à réaliser un sondage jusqu'à 1,2 m de profondeur, à l'aide d'une tarière manuelle et une règle graduée, et au niveau des planches d'irrigation (Photo VI 2). Nous avons mesuré la moyenne de trois sondages d'enracinements aléatoires par palmeraie, effectuées à une distance fixée à 80 cm du stipe, puisque 85 % des racines sont réparties dans une zone de 2 m de profondeur et 2 m dans les côtés latéraux du stipe du palmier dattier (MUNIER, 1973 ; ZAID et ARIAS-JIMENEZ, 2002). La distance de sondage a été fixée pour deux raisons, à savoir qu'il faut standardiser les mesures et se rapprocher du stipe où la densité racinaire augmente près de celui-ci et du côté des planches d'irrigation.

Au cours des deux dernières phases de l'étude, nous avons mesuré la profondeur racinaire au niveau des profils des sols. Ils sont creusés dans les planches d'irrigation, à une distance de 80 cm du stipe des palmiers dattiers (Fig. VI 1). Cette distance augmentée d'un mètre d'allongement du profil, égale à 1,8 m, ne dépassant pas la distance d'enracinement intense du palmier dattier, estimé à 2 m du stipe (MUNIER, 1973 ; ZAID et ARIAS-JIMENEZ, 2002). Au-delà de la profondeur du profil, on effectue un sondage progressif de la profondeur d'enracinement au fond du profil à l'aide d'une tarière, jusqu'à 3 m de profondeur (Photo VI 2).

1.2.1.2. Morphologie racinaire

Nous avons étudié la morphologie racinaire des palmiers dattiers avec l'étude de la morphologie du sol au niveau des profils. Elle consiste à observer l'impact des conditions hydro-édaphiques sur l'enracinement et prélever des échantillons de racines pour étudier leurs aspects morphologiques. Les racines prélevées à cette distance du stipe sont normalement un mélange de racines de nutrition et d'absorption, et les racines respiratoires près de la surface du sol n'apparaissent pas dans le profil, si leur longueur ne dépasse pas 50 cm (DJERBI, 1994). Les racines du palmier dattier sont reconnaissables sur terrain par leur position en profondeur du sol, mais les profondeurs changent en fonction des auteurs et des conditions hydro-édaphiques (Fig. VI 1).

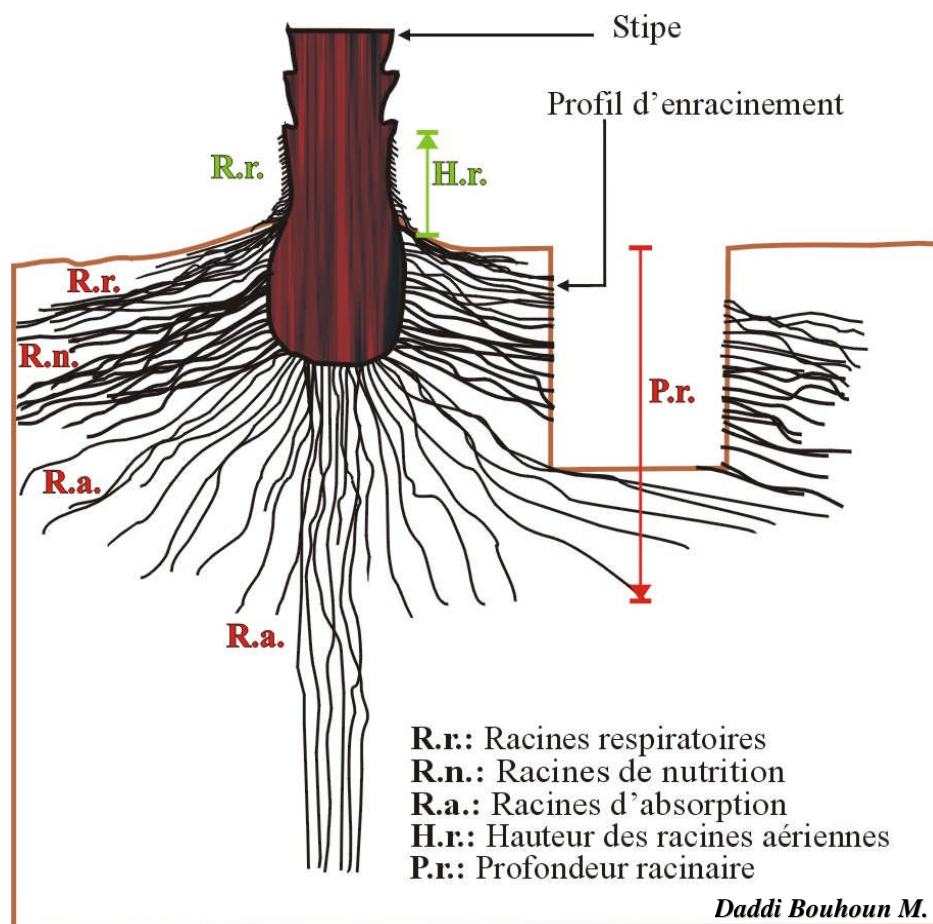


Figure VI 1. Profil d'enracinement du palmier dattier

1.2.1.3. Densité racinaire

Le choix de la densité racinaire (D_r) a été dicté par l'expérimentation de ARMSTRONG et FURR (1959), réalisée sur le palmier dattier de type "Khadrawy" aux États-Unis d'Amérique. Nous avons adopté la méthode des cylindres, utilisée pour la densité apparente des sols (BAIZE, 1988). Elle consiste à prélever dans le profil un volume de sol avec la masse racinaire dans un cylindre de volume connu. Nous avons utilisé des cylindres en acier de 6 cm de diamètre et 4 cm de hauteur.

Au départ, les racines apparentes au niveau du profil, de 1,2 m de profondeur, sont coupées à ras du sol par un sécateur. Ensuite, trois cylindres sont enfoncés horizontalement par percussion à chaque 10 cm du profil, soit 36 cylindres par palmier dattier (Photo VI 4). Les racines dépassant la section visible du cylindre sont coupées, puis la partie apparente de ce cylindre est fermée par un premier couvercle. Après cela, le sécateur est enfoncé latéralement dans le sol au dessus du cylindre pour couper les racines dans la section non visible du cylindre. Cela va nous permettre de libérer le cylindre sans perdre les racines contenues dans celui-ci. Le sol est ensuite attaqué par une binette pour déterrer et soulever les cylindres. Les racines, dépassant le volume des cylindres, sont coupées à ras avec le sécateur

et le cutter. La section du cylindre déterrée est fermée par le deuxième couvercle. Enfin, le premier couvercle du cylindre enlevé lentement, le temps de couper les racines par cutter, dépassant la section, restées après utilisation du sécateur.

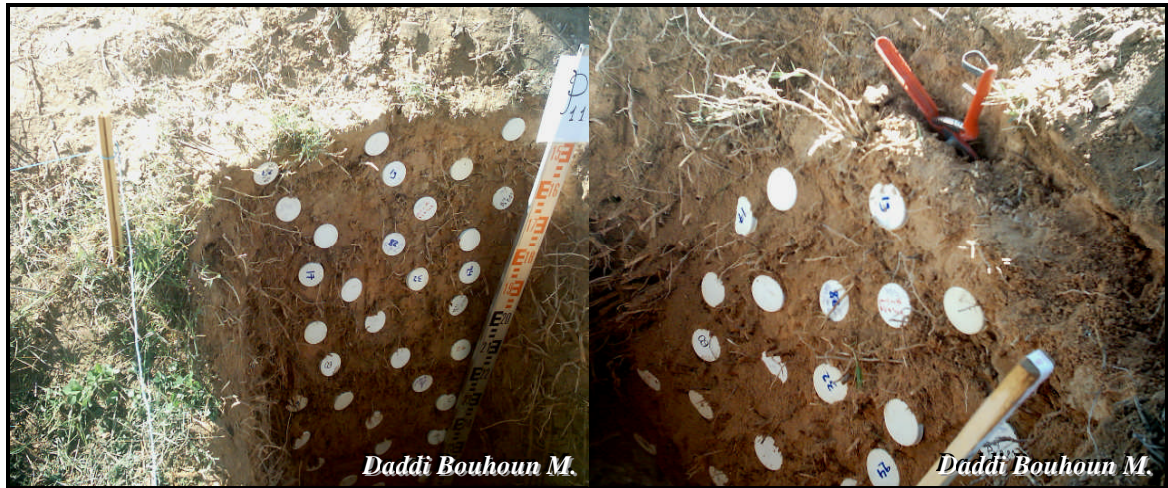


Photo VI 4. Enfouissement et libération des cylindres dans le profil

Les cylindres bien fermés, sont transportés au laboratoire pour mesurer la densité racinaire, en même temps que la densité apparente. Les cylindres sont séchés à 70 °C, température recommandée par MARTIN-PREVEL (1984) dans le séchage de la végétation. Cela évitera d'abîmer les racines en cours de séchage. Les racines sont séparées du sol au niveau d'un cristalliseur, par lavage du cylindre avec un jet d'eau distillée. Les racines sont lavées dans un deuxième cristalliseur et séchées à 70 °C pour estimer leurs densités par cylindre, en Kg.m^{-3} , et puis la moyenne par 10 cm de profondeur.

1.2.1.4. Diamètre racinaire

Le diamètre (\varnothing r) et la densité racinaire sont déterminés en même temps. Après extraction et lavage des racines du cylindre, on mesure leurs diamètres avec un pied à coulisse. Le diamètre des racines du palmier est divisé en trois catégories, fine, moyenne et grossière, selon la classification de FURR et ARMSTRONG (1955). Ces catégories présentent respectivement les diamètres inférieurs à 1 mm, de 1 à 6 mm et supérieurs à 6 mm. Nous avons estimé leurs diamètres moyens par cylindre et 10 cm de profondeur.

1.2.1.5. Hauteur des racines aériennes

Nous avons mesuré au niveau des stipes des palmiers dattiers la hauteur maximum des racines respiratoires aériennes (H.r.) à l'aide d'un ruban-mètre (Fig. VI 1).

1.2.2. Etude des rendements

L'étude des rendements en dattes est une mesure végétative importante parmi les autres paramètres biométriques des palmiers dattiers (NIXON, 1943). Elle a été réalisée dans

la première phase de l'étude pour estimer les effets des contraintes hydro-édaphiques sur le potentiel nutritionnel des palmiers. Grâce à la coopération des agriculteurs, nous avons pu évaluer les rendements moyens des palmiers Déglet Nour pour chaque palmeraie étudiée. L'estimation a été effectuée en phase de maturité des dattes, en automne. L'évaluation a touché seulement les palmiers adultes, en pleine production, et âgés de 15 à 45 ans. Les rendements représentent le rapport entre la production totale en dattes et le nombre de palmiers. Les agriculteurs coupent les régimes des palmiers et les font descendre à l'aide d'une corde, sur une bâche en plastique qui couvre le sol à la base des palmiers, pour éviter leur traumatisme par le sol et réaliser le tri des dattes. Après cette opération, la récolte est pesée et stockée dans des abris en attendant sa destination (Photo VI 5).



Photo VI 5. Récolte et estimation des rendements en dattes dans les palmeraies

2. Méthodes d'analyses

2.1. Analyses des sols

Les méthodes d'analyses des sols utilisées au cours de nos travaux de recherches sont (AUBERT, 1978):

1. Densité apparente (D_a) : est estimée par la méthode du cylindre. Elle représente le rapport entre la masse sèche du sol et le volume apparent.

2. Humidité : est mesurée parallèlement à la densité apparente à 70° C. Cette température de séchage a été choisie à cause de la richesse des sols de Ouargla en gypse (HAMDI-AÏSSA, 2001). Elle représente le seuil maximum recommandé pour mesurer l'humidité des sols riches en gypse, car si on utilise 105 °C, il y aura extraction de l'eau de constitution du gypse (VEILLEFON, 1979).
3. Calcaire total (CaCO_3) : sa présence est déterminée sans quantification sur le terrain par le test d'effervescence à HCl. Le degré d'effervescence nous permet d'apprécier la richesse de la croûte gypseuse en calcaire (MILFORD et al., 2001). Il est quantifié au laboratoire par la méthode volumétrique au calcimètre de BERNARD, c'est-à-dire par mesure du volume de CO_2 dégagé, suite à l'action du HCl sur le sol.
4. Gypse ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) : nous avons utilisé la méthode de COUTINET (1965). elle a comme principe l'extraction des sulfates par une eau chaude acidulée après précipitation du calcium par les carbonates d'ammonium, et la précipitation des sulfates sous forme de sulfate de baryum, en présence de BaCl_2 . L'analyse passe par plusieurs étapes: l'extraction, la précipitation, la filtration, le séchage, la calcination et le pesage des sulfates. Nous avons déterminé la présence du gypse dans la première phase de l'étude par le test de l'extraction et précipitation des sulfates. La formation d'un précipité blanc intense dans le tube, placé dans le bain-marie, indique une présence importante en gypse. Cependant, dans les autres phases, l'analyse a abouti à la quantification du gypse.
5. $\text{C.E.}_{e1:5}$ et $\text{C.E.}_{ec1:5}$: c'est la conductivité électrique à 25°C d'un extrait sol ou croûte / eau (1:5), mesurée au conductivimètre. Elle permet une estimation de la teneur globale en sels solubles, étant fonction de la concentration en électrolytes.
6. $\text{pH}_{e1:5}$: est mesuré dans l'extrait sol / eau (1:5), au pH-mètre.

2.2. Analyses des eaux

Les méthodes d'analyses des eaux utilisées au cours de notre expérimentation sont (RODIER et al., 2005):

1. Conductivité électrique à 25°C : est mesurée au conductivimètre pour les eaux d'irrigation (C.E._i) et celles de la nappe phréatique (C.E._n).
2. pH est mesuré au pH-mètre pour les eaux d'irrigation (pH_i) et celles de la nappe phréatique (pH_n).
3. Résidu sec : représente le poids de sels solubles par litre d'eau, séché à 110° C. Il a été déterminé pour les eaux de nappe phréatique (R.s._n), pour estimer la charge saline des eaux dans la zone racinaire du palmier dattier.



Quatrième partie

Résultats et discussions

Chapitre VII. Tolérance des palmiers dattiers aux stress hydro-édaphiques

L'étude des secteurs phoenicicoles dans la première phase expérimentale montre que les conditions hydro-édaphiques varient entre les secteurs. Les résultats montrent des relations entre les paramètres hydro-édaphiques, de nappes phréatiques, de croûtes gypseuses et de salinité des sols, et aussi des relations entre les paramètres précisés et la performance des palmeraies, en profondeurs d'enracinement et en rendements des palmiers dattiers, Déglet Nour (Tabl. VII 1). Nous avons observé quatre types de zones dans la cuvette de Ouargla. Elles présentent des milieux différents par le niveau de la nappe phréatique et la présence ou l'absence de croûtes gypseuses:

1. Zones de croûtes-nappes profondes,
2. Zones de nappes profondes,
3. Zones de croûtes-nappes superficielles,
4. Zones de nappes superficielles.

1. Niveaux de dégradation hydro-édaphique

1.1. Conditions hydriques

L'étude montre que les conditions hydriques se caractérisent par une nappe phréatique de profondeur et de salinité variables et des eaux d'irrigation variables.

1.1.1. Niveau de la nappe phréatique

D'après EDMONDS et al. (1998), les profondeurs des nappes phréatiques sont évaluées en trois groupes en fonction de leurs actions limitatives sur les arbustes et les arbres : sévère, modéré et insignifiante, avec les groupes de profondeurs respectives : 0-45,7 cm, 45,7-91,4 cm et supérieures à 91,4 cm. En ajoutant le groupe supérieur à 120 cm de profondeur fixé dans la phase I de notre expérimentation, on aura quatre groupes, y compris le groupe intermédiaire 91,4-120 cm. Cette approche nous permet d'évaluer l'impact des profondeurs des nappes phréatiques dans les secteurs phoenicicoles sur la limitation de croissance des arbustes, des arbres et des palmiers dattiers.

Au vu des résultats, notre étude montre que 53,89 % des exploitations phoenicicoles présentent une nappe phréatique superficielle qui peut limiter la croissance du palmier dattier selon DUBOST (1991), avec une profondeur comprise entre 29 et 119,4 cm, dont 19,16 % des palmeraies ont une nappe phréatique, pouvant limiter sévèrement la croissance des arbustes et des arbres selon EDMONDS et al. (1998), un même taux pour un effet modéré. Cependant, 15,57 % des palmeraies de nappes superficielles présentent des nappes avec une action insignifiante sur la croissance des arbustes et des arbres (Fig. VII 1, Photo VII 1).

Tableau VII 1. Résultats moyens obtenus dans les secteurs phoenicicoles de Ouargla

Types de zones	Secteurs	Palmeraies observées	P.n. (cm)	C.E. _n (dS.m ⁻¹)	C.E. _{el:5} (dS.m ⁻¹)	C.E. _i (dS.m ⁻¹)	P.c. (cm)	C.E. _{ec1:5} (dS.m ⁻¹)	P.r. (cm)	Y (kg dattes. Palmier ⁻¹)
Croûtes-nappes profondes	Bamendil	3	> 120	-	3,98	2,2	64,8	3,8	64,93	72,72
	Beni Thour	1	> 120	-	5,75	3,54	73	5,45	72	30
	Ksar	1	> 120	-	4,73	4	111	4,7	114	43,5
	Total	5	> 120	-	4,48	2,83	75,68	4,31	76,16	58,33
Nappes profondes	Bamendil	15	> 120	-	2,1	2,15	-	-	> 120	76,84
	Beni Thour	3	> 120	-	2,58	3,63	-	-	> 120	57,48
	Ksar	8	> 120	-	2,79	1,95	-	-	> 120	62,4
	Mékhadma	18	> 120	-	3,13	2,57	-	-	> 120	90,99
	Said Otba	28	> 120	-	2,43	3,97	-	-	> 120	56,81
	Total	72	> 120	-	2,58	3	-	-	> 120	70,18
Croûtes-nappes superficielles	Bamendil	11	64,68	14,7	4,87	2,41	68,74	5,11	69,58	43,04
	Beni Thour	1	97	17,86	2,92	2,34	80,3	3,44	101	79,33
	Ksar	3	82,67	23,4	5,11	3,69	81,08	5,11	86,33	30,44
	Mékhadma	3	61,27	16,2	5,58	2,67	61,87	6,36	62,5	38,28
	Total	18	68,91	16,58	4,92	2,66	70,29	5,23	72,94	42,16
Nappes superficielles	Bamendil	15	66,37	17,68	5,88	3,03	-	-	66,53	47,56
	Beni Thour	11	67,91	21,07	6,37	2,94	-	-	78,65	45,66
	Ksar	13	60,83	20,68	6,09	3,06	-	-	67,5	35,79
	Mékhadma	27	64,62	22,79	5,81	3,37	-	-	77,6	42,21
	Said Otba	6	77,15	20,71	5,7	3,27	-	-	86,9	41,55
	Total	72	65,85	20,91	5,95	3,17	-	-	74,4	42,64

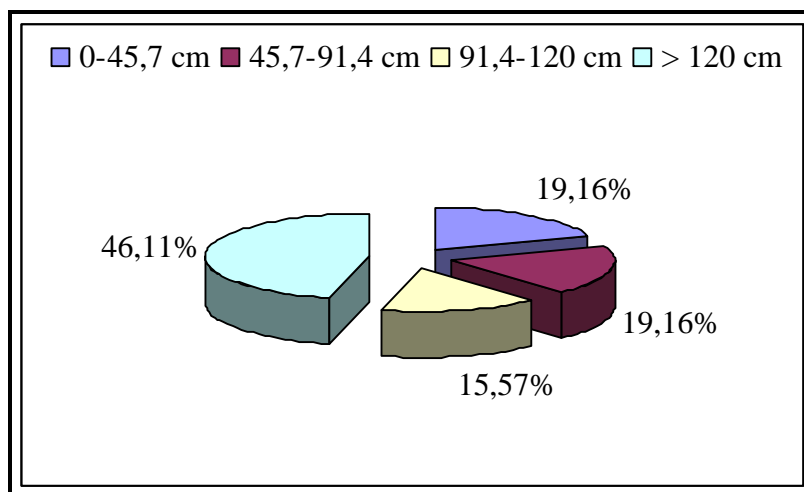


Figure VII 1. Profondeurs de la nappe phréatique dans les palmeraies de Ouargla

1.1.2. Salinité des eaux phréatiques

La salinité des eaux phréatiques superficielles dépasse la limite standard du seuil de salinité, estimée à 3 dS.m^{-1} par AYERS et WESTCOT (1976). La salinité des eaux oscille entre 10 et $39,66 \text{ dS.m}^{-1}$, varie en fonction des secteurs phoeniccoles. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées par ordre décroissant, respectivement au Ksar, Beni Thour, Said Otba, Bamendil et Mékhadma. En se basant sur la classification des eaux de U.S.S.L. (1954), modifié par DURAND (1958), 62,22 % des eaux sont excessivement salées, compris entre 10 et $19,53 \text{ dS.m}^{-1}$, prédominant à Bamendil, Mékhadma et Beni Thour. Ce seuil de salinité peut diminuer les rendements relatifs des palmiers dattiers de 50 % (AYERS et WESTCOT, 1988). Cependant, 37,78 % des eaux sont très excessivement salées, oscillant entre 20,12 et $39,66 \text{ dS.m}^{-1}$, majoritaires à Said Otba et au Ksar.

La richesse des eaux phréatiques dans les palmeraies étudiées en ions sulfatés, chlorurés, en sodium et en calcium (A.N.R.H., 2001), peut présenter aussi des effets néfastes sur la phoeniciculture et les cultures sous-jacentes.

L'estimation de la sodicité des eaux à partir des données de l'A.N.R.H. (2001), par le calcul du rapport d'adsorption du sodium (ARAGUES, 1983) ou sodium adsorption ratio ($\text{S.A.R.} = \text{Na}^+ / [(\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++})/2]^{1/2}$, où toutes les concentrations sont exprimées en me.l^{-1}). Les eaux phréatiques des secteurs phoeniccoles étudiés sont faiblement sodiques à Mékhadma et Beni Thour, moyennement sodiques au Ksar et fortement sodiques à Bamendil et Said Otba, selon la classification de DURAND (1958).

1.1.3. Salinité des eaux d'irrigation

Les eaux d'irrigation, d'origine Miopliocène et Sénonien, présentent une salinité variable en fonction des forages exploités. La salinité des eaux varie de 1,71 à $6,04 \text{ dS.m}^{-1}$,

ces eaux d'irrigation sont classées entre fortement salées à excessivement salées, selon l'échelle de DURAND (1958). 38,92 % des palmeraies sont irrigués avec des eaux fortement salées, 52,7 % sont irrigués avec des eaux très fortement salées, et enfin 8,38 % sont irrigués avec des eaux excessivement salées. Le faciès des eaux d'irrigation est de prédominance chloruré sodique (A.N.R.H., 2004).

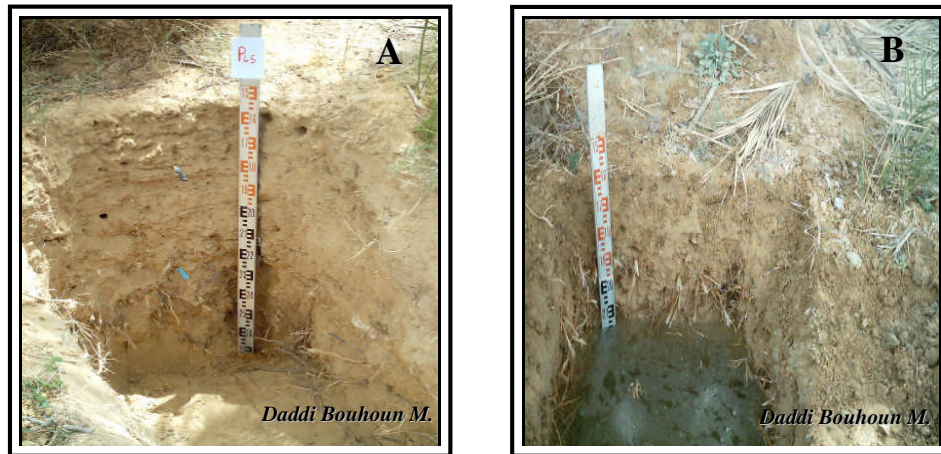


Photo VII 1. Profils de nappes profonde (A) et superficielle (B) à Ouargla

1.1.4. Discussion

Les nappes phréatiques superficielles salées provoquent la dégradation des sols par les effets de la salinisation et de la diminution du taux d'oxygène dans les sols. Ces mauvaises conditions conduisent à la nécrose et à la pourriture racinaire, et aussi à la diminution de la croissance du palmier dattier (DUBOST, 1991), et celles des arbustes et des arbres (EDMONDS et al., 1998). La salinité des eaux phréatiques dépasse la limite supérieure de tolérance du palmier dattier en conditions de sols sableux (DURAND, 1958), pouvant conduire en mauvaises conditions de drainage à une augmentation de la concentration des sels toxiques, la diminution de la croissance et des rendements des palmiers dattiers (MONCIERO, 1954 ; WEEKS, 1957 ; FURR, 1975).

La présence de ces eaux phréatiques superficielles combinées avec les eaux d'irrigation salées peuvent entraîner l'enrichissement du sol en sodium (SERVANT, 1970), d'où le processus d'alcalinisation (ISRAELSEN et HANSEN, 1965 ; PUPISKY et SHAINBERG, 1979 ; AGASSI et al., 1981), avec ses conséquences éventuelles sur les propriétés du sol: la dispersion des argiles (MCNEAL et COLEMAN, 1966 ; YOUSAF et al., 1987), la dégradation de la structure (U.S.S.L., 1954 ; AUBERT, 1983 ; HALITIM et al., 1984), la perte de perméabilité (ZARTMAN et GICHURU, 1984) et l'asphyxie du milieu (CHEVERRY, 1972). Les propriétés physiques et physico-chimiques apparaissent plus fortement affectées par le sulfate que par le chlorure de sodium (LONGENEKER, 1959 ;

DARAB, 1965 ; DAOUD et ROBERT, 1989 ; DAOUD et al., 1993). Les sols de texture fine sont davantage affectés pour un niveau donné de sodium échangeable, que ceux d'un sol de texture grossière (MCNEAL, 1968), semblables aux sols de Ouargla (HAMDI-AÏSSA, 2001).

La matière organique présente un effet favorable sur le sol (U.S.S.L., 1954), améliore sa structure et agit ainsi contre l'effet du sodium (GOLDBERG et al., 1988 ; MALLOHI et JACQUIN, 1988 ; MALLOHI, 1989). La pauvreté organique des sols de Ouargla (HAMDI-AÏSSA, 2001) ne favorise pas la structuration des sols.

L'excès d'ions spécifiques comme le sodium et le chlore présente un effet double sur la plante: une toxicité due aux ions Na^+ et Cl^- (GOUNY, 1973 ; AYERS et WESTCOT, 1988) et une déficience en potassium et en magnésium due à Na^+ et Ca^{++} (BERNSTEIN et al., 1974), en plus, la richesse de certains secteurs phoenicicoles de Ouargla en calcaire (HAMDI-AÏSSA, 2001), constitue un milieu favorable à la carence en Fer (LOUE, 1986). La tolérance des plantes à ses effets diffère d'une espèce à une autre (ARAGUES, 1983).

Les eaux d'irrigation à Ouargla conviennent au palmier dattier, plante tolérante aux sels, et aussi à d'autres espèces arboricoles moyennement tolérantes, comme le figuier, l'olivier et le grenadier. Les valeurs extrêmes de salinité enregistrées sont capables de réduire le rendement relatif de 50 % pour les arbres moyennement tolérants et de 25 % pour le palmier dattier, en nappe phréatique profonde (MAAS et HOFFMAN, 1977). La tolérance des cultures varie avec la conduite de l'irrigation et les cultivars. Les engrais peuvent augmenter les rendements si la fertilité est un facteur limitant. La présence d'une nappe superficielle, source supplémentaire de salinité, engendre l'augmentation de la salinité près de la surface du sol, au lieu de croître avec la profondeur. Dans de telles conditions, la salinisation risque d'être excessive à cause de l'effet combiné produit par l'eau d'irrigation et l'eau de nappe chargée en sels. Il faut réaliser un contrôle suffisant de la nappe par un drainage artificiel. Cette salinisation augmente davantage la chute du rendement (AYERS et WESTCOT, 1988) par rapport aux estimations de MAAS et HOFFMAN (1977), basées sur une salinisation de sols irrigués en l'absence d'une nappe superficielle.

1.2. Conditions édaphiques

Les sols de l'oasis de Ouargla sont de prédominance sableuse, pauvres en matière organique, salés, riches en accumulations calcaires et gypseuses (HAMDI-AÏSSA, 2001). L'étude expérimentale dans les secteurs phoenicicoles montre par observation morphologique au toucher, une texture sableuse à sablo-limoneuse, pauvre en matière organique. Cependant, les sondages et les analyses des sols montrent la présence de croûtes gypso-salines et des degrés de salinité variables.

1.2.1. Croûtes gypso-salines

L'étude des secteurs phoenicicoles a révélé que 13,77 % des palmeraies présentent des obstacles de croûtes gypseuses à une profondeur ne dépassant pas 1,2 m, dont 10,78 % dans les zones de nappes superficielles et 2,99 % en zones de nappes profondes (Fig. VII 2). Les croûtes sont de types gypseuses à Bamendil et à Mékhadma et de type gypso-calcaires au Ksar et à Beni Thour (Photo VII 2).

Les profondeurs des obstacles durs, comme les roches et les croûtes, qui limitent la croissance des arbustes et des arbres sont classées par EDMONDS et al. (1998) de la même façon que les profondeurs des nappes phréatiques. Les profondeurs sont évaluées en trois groupes en fonction de leurs actions limitatives: insignifiante, modérée et sévère avec les groupes de profondeurs respectives : 0-45,7 cm, 45,7-91,4 cm et supérieurs à 91,4 cm.

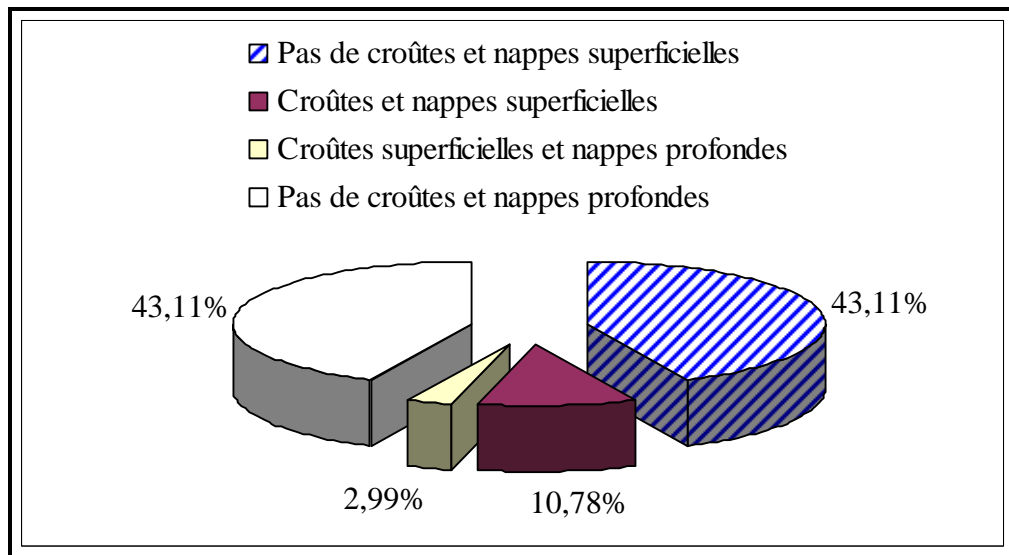


Figure VII 2. Obstacles de croûtes et de nappes dans les palmeraies de Ouargla



Photo VII 2. Profils des croûtes gypso-calcaires (A) et gypseuses (B) à Ouargla

Les résultats de notre étude montrent que les croûtes sont à une profondeur comprise entre 33,3 et 117 cm, dont 17,39 % des palmeraies observées ont des croûtes qui peuvent limiter sévèrement la croissance des arbustes et des arbres, 65,22 % des palmeraies se caractérisent par des croûtes avec un effet modéré, et finalement 17,39 % avec une action insignifiante sur la croissance des arbustes et des arbres (Fig. VII 3).

Les observations dans les profils révèlent que l'enracinement des palmiers dattiers est limité sévèrement par les croûtes (Photo VII 2). Cependant, on constate que la profondeur racinaire diminue considérablement quand elle est soumise à la résistance mécanique des croûtes combinées aux conditions hydro-halomorphes, en présence de nappes phréatiques superficielles (Photo VII 3).

Les mesures de salinité des croûtes dans les palmeraies montrent que la conductivité électrique de l'extrait 1:5 à 25 °C ($C.E_{ec1,5}$), varie entre 2,76 et 8,52 $dS.m^{-1}$. Ces croûtes sont très salées à extrêmement salées, selon l'échelle d'AUBERT (1978). Ces mesures indiquent que les formations gypseuses de nappes à Ouargla sont gypso-salines.

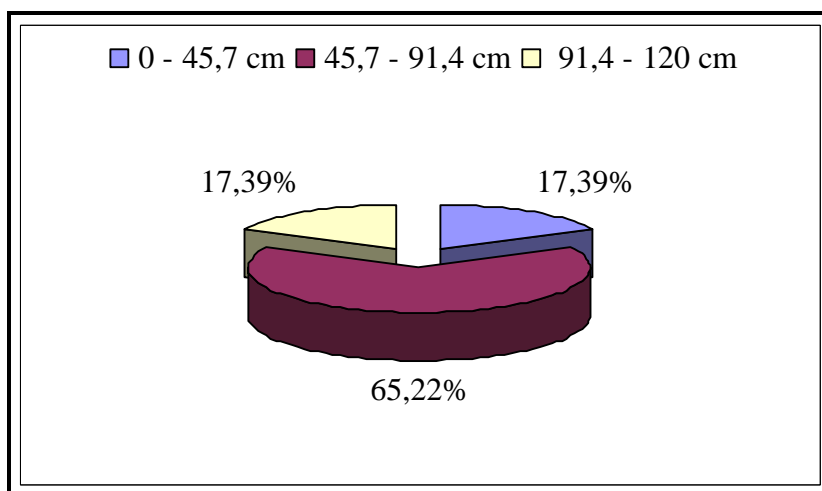


Figure VII 3. Profondeurs des croûtes dans les palmeraies de Ouargla

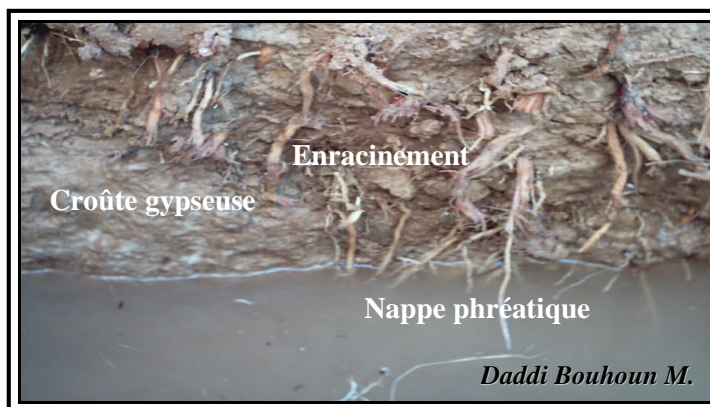


Photo VII 3. Enracinement du palmier dattier en profil de croûte-nappe superficielle

1.2.2. Salinité des sols irrigués

La salinité des sols mesurée dans les secteurs phoenicicoles est variable. La salinité des sols de nappes profondes est inférieure à celle des sols de nappes superficielles.

1.2.2.1. Sols de nappes profondes

Les sols irrigués de nappes phréatiques profondes présentent une salinité variable. Les sols sont peu salés à très salés, selon l'échelle de AUBERT (1978), la $C.E._{e1:5}$ est comprise entre 1,1 et 5,75 $dS.m^{-1}$, 61,04 % des échantillons de sols sont très salés. La salinité dans les sols avec croûtes, comprise entre 1,1 et 3,96 $dS.m^{-1}$, est supérieure à celle des sols sans croûtes, comprise entre 3,24 et 5,75 $dS.m^{-1}$ (Fig. VII 4). Les croûtes créent un obstacle pour l'infiltration des eaux d'irrigation salées, ce qui augmente leur salinité, la remontée capillaire des eaux, et ainsi l'accumulation des sels à la surface des sols. Les régressions simples montrent que la salinité des eaux d'irrigation favorise l'augmentation de la salinité des sols (Fig. VII 5). L'étude des régressions multiples a révélé l'existence de relations significatives entre la salinité des sols et les paramètres étudiés en zones avec croûtes, comme suit: $C.E._{e1:5} = 1,081 + 0,341 * C.E._i + 0,703 * C.E._{ec1:5} - 0,008 P.c.$ ($R = 0,9871$). Aussi, la relation entre la salinité des sols et les eaux d'irrigation est significative, mais avec une grande variabilité, due probablement à la conduite culturale, particulièrement la gestion de l'irrigation.

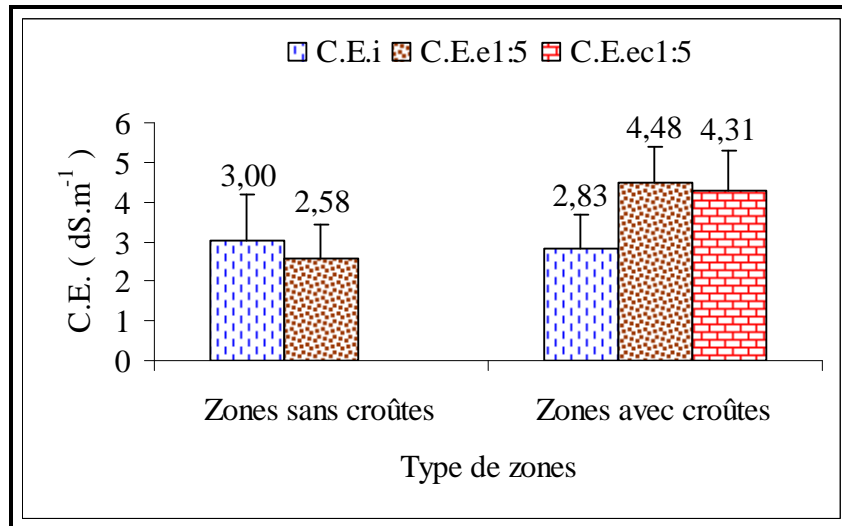


Figure VII 4. Salinité moyenne dans les zones de nappes profondes

Dans les zones de nappes profondes, l'étude fait remarquer que les valeurs moyennes de salinité des eaux d'irrigation et des sols varient significativement entre les secteurs phoenicicoles (Fig. VII 6). La salinité du sol est élevée à Beni Thour (BT), au centre de la cuvette. Elle semble suivre le gradient de salinité des eaux d'irrigation, sauf pour Saïd Otba (SO) où la salinité du sol est faible, malgré la salinité des eaux d'irrigation. Cette situation montre une bonne lixiviation des sels dans ce secteur phoenicicole. La croûte gypseuse est

plus profonde au Ksar (K) par rapport à Bamendil (B) et Beni Thour (BT), et elle est absente dans les autres secteurs phoenicoles (Fig. VII 7), à savoir Mékhadma (M) et Saïd Otba (SO).

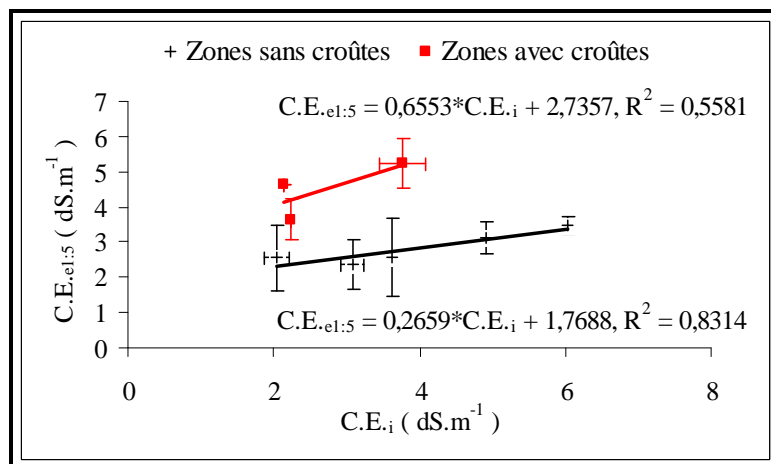


Figure VII 5. Impact de la salinité des eaux d'irrigation sur celle des sols de nappes profondes

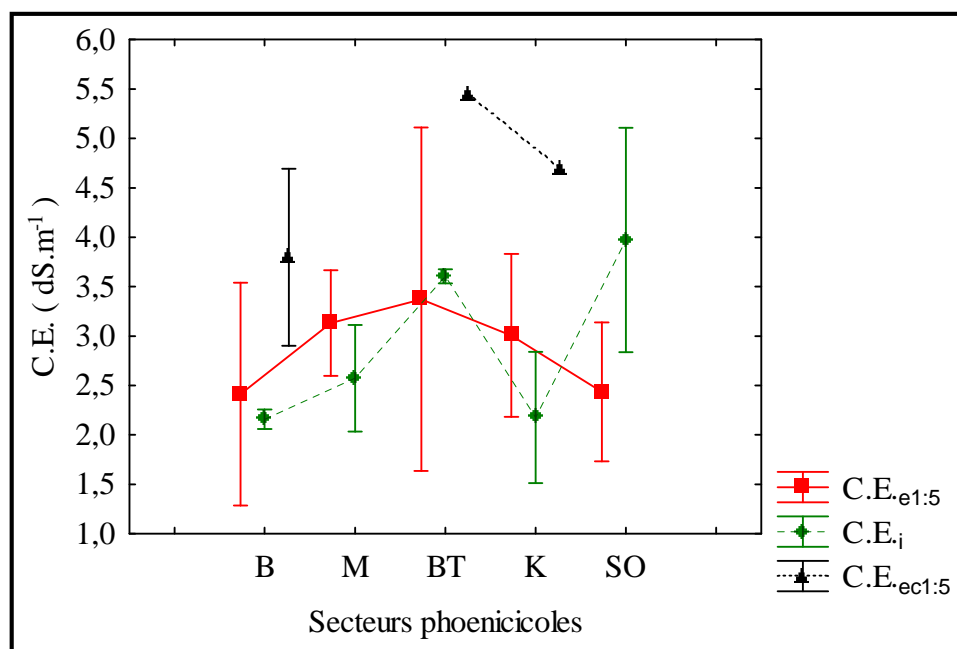


Figure VII 6. Salinité moyenne des eaux d'irrigation, croûtes et des sols de nappes profondes

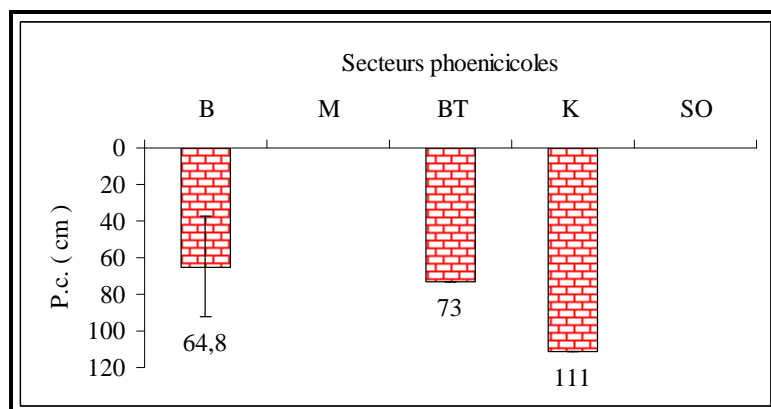


Figure VII 7. Profondeurs moyennes des croûtes gypseuses en zones de nappes profondes

1.2.2.2. Sols de nappes superficielles

Les sols de nappes superficielles présentent une salinité plus élevée par rapport aux sols de nappes profondes. Les sols sont salés à extrêmement salés, la $C.E_{e1:5}$ est comprise entre 2,1 à 9,76 $dS.m^{-1}$, 98,89 % des échantillons de sols sont de très salés à extrêmement salés. La salinité des sols sans croûtes est supérieure à celle des sols avec croûtes (Fig. VII 8). Les croûtes sont très salées à extrêmement salées, de $C.E_{ec1:5}$ comprise entre 3,44 à 8,52 $dS.m^{-1}$, de salinité dépassant celle des zones de nappes profondes. Il paraît par les données hydro-édaphiques en zones de croûtes et sans croûtes, que l'absence de celles-ci favorise l'accumulation ascendante des sels à la surface des sols, provenant de la salinité élevée des eaux phréatiques et des eaux d'irrigation. Les accumulations salines en surface augmentent avec le niveau des eaux phréatiques (Fig. VII 9) et leurs charges salines (Fig. VII 10). L'effet de la salinité des eaux d'irrigation sur la salinité des sols augmente en présence des croûtes gypseuses. Cela indique que les croûtes empêchent la remontée des sels à partir des eaux phréatiques vers la surface des sols (Fig. VII 11). Il est clair que les accumulations salines augmentent avec la diminution de la profondeur des croûtes gypseuses (Fig. VII 12). L'étude des régressions multiples a montré l'existence de relations significatives entre la salinité des sols et les paramètres étudiés en zones avec croûtes, comme suit:

- ✓ $C.E_{e1:5} = 5,924 + 0,092 * C.E_n - 0,09 * C.E_i - 0,025 * P.n.$ ($R = 0,6458$),
- ✓ $C.E_{e1:5} = - 1,102 + 0,998 * C.E_{ec1:5} + 0,123 * C.E_n + 0,006 * P.c. - 0,208 * C.E_i - 0,016 * P.n.$ ($R = 0,9511$).

Une corrélation très hautement significative, positive, existe entre la profondeur des croûtes gypso-salines ($P.c.$) et celle de la nappe phréatique ($P.n.$). Car, la formation de ces dernières est liée à la fluctuation de la nappe phréatique (Fig. VII 13).

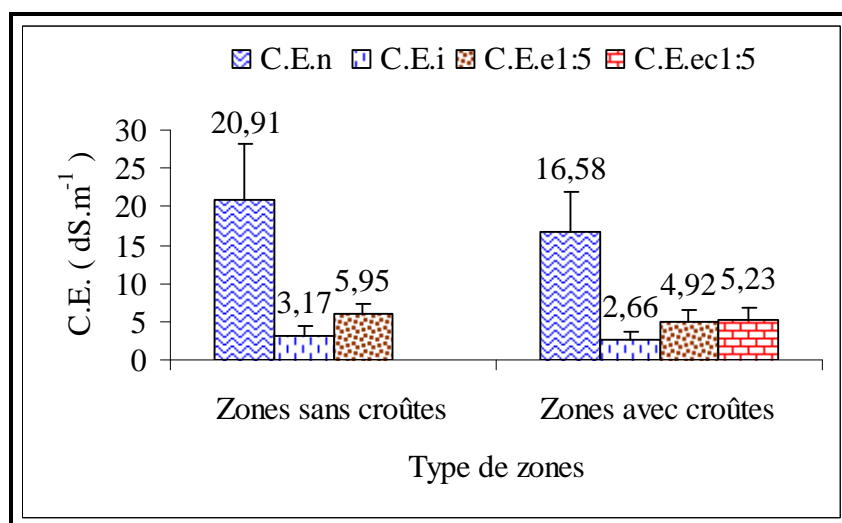


Figure VII 8. Salinités moyennes dans les zones de nappes superficielles

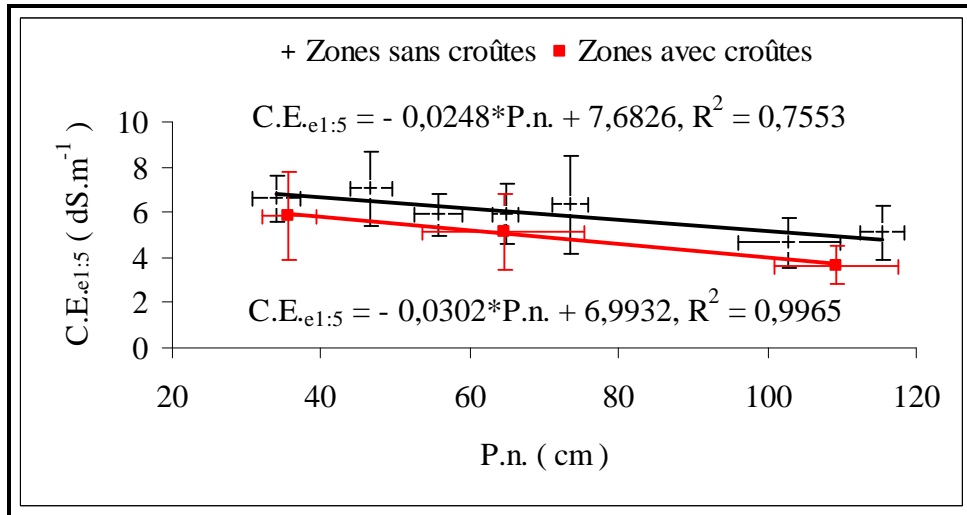


Figure VII 9. Impact du niveau des eaux phréatiques superficielles sur la salinité des sols

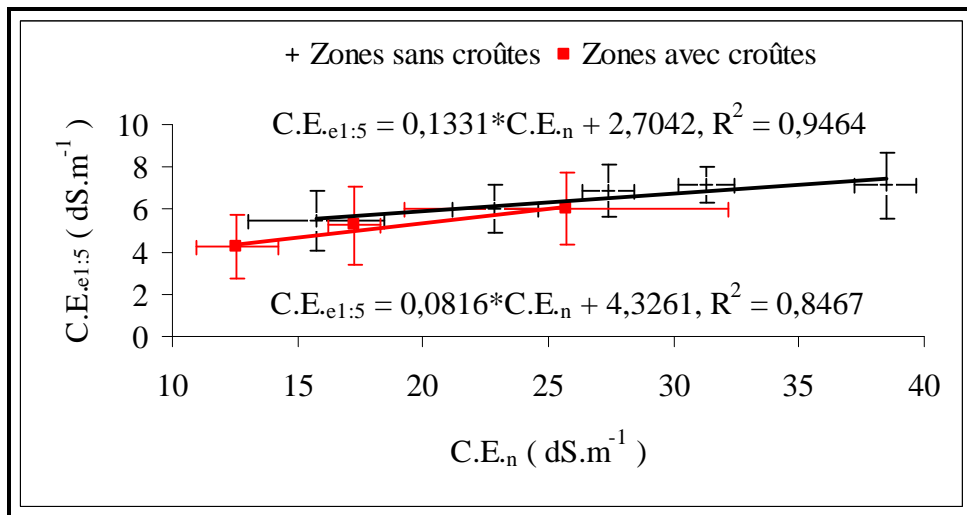


Figure VII 10. Impact de la salinité des eaux phréatiques superficielles sur celle des sols

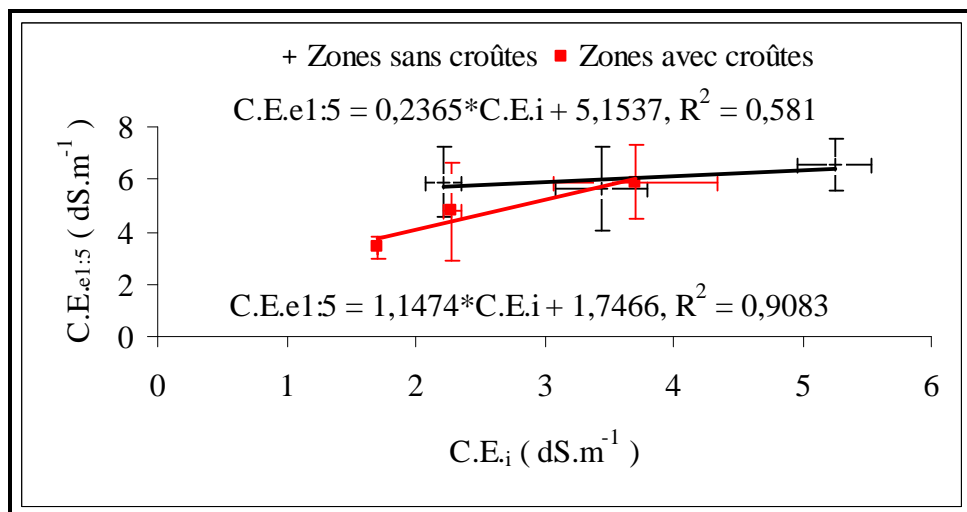


Figure VII 11. Impact de la salinité des eaux d'irrigation sur celle des sols de nappes superficielles

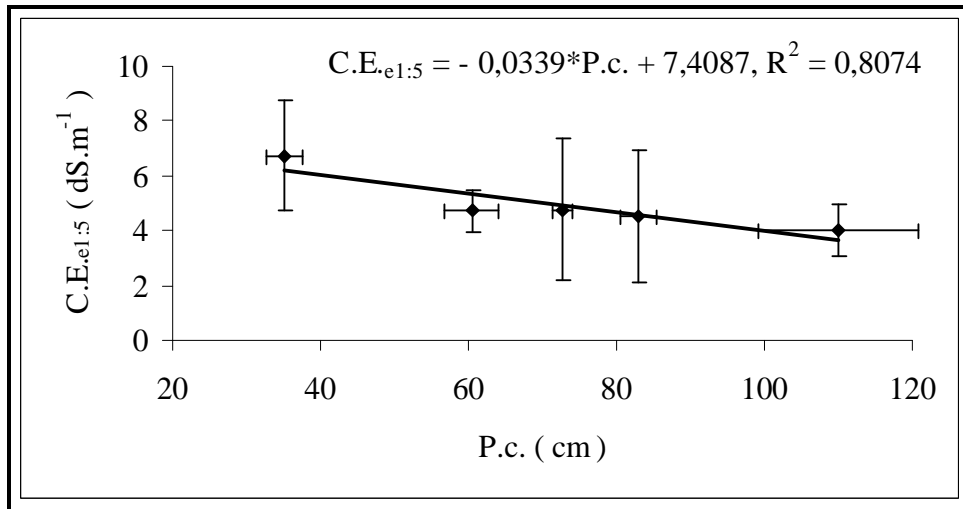


Figure VII 12. Impact du niveau des croûtes gypseuses sur la salinité des sols de nappes superficielles

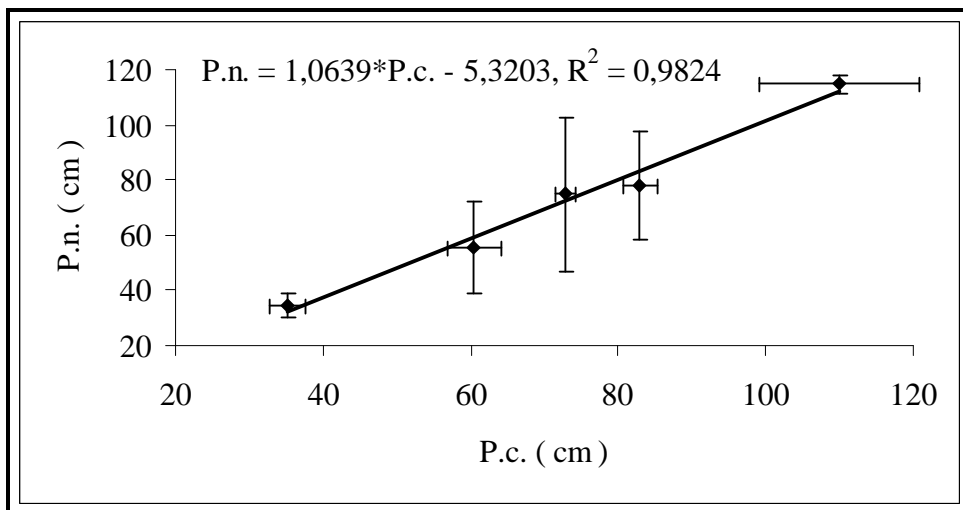


Figure VII 13. Relations entre profondeurs des nappes superficielles et des croûtes gypseuses

L'étude indique que les paramètres hydro-édaphiques varient significativement entre les secteurs phoenicicoles (Fig. VII 14).

Les eaux d'irrigation et les eaux phréatiques deviennent nettement de plus en plus salées au fur à mesure qu'on se déplace vers l'Est de la cuvette de Ouargla, de Bamendil (B), Mékhadma (M), Beni Thour (BT), Ksar (K) vers Saïd Otba (SO). De même, la nappe phréatique et la croûte gypseuse sont de plus en plus profondes dans cette orientation topographique (Fig. VII 15).

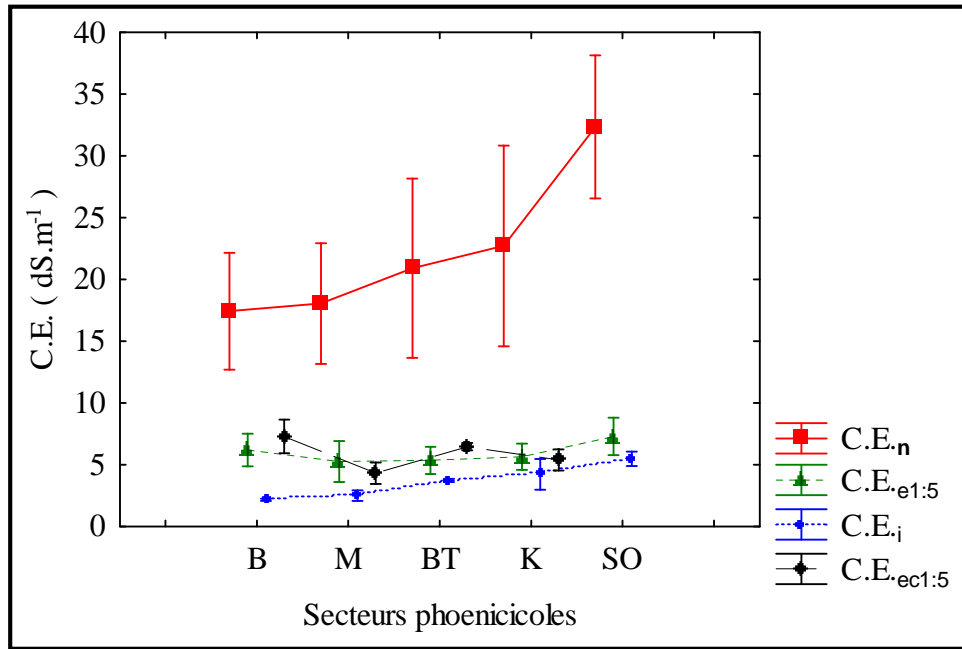


Figure VII 14. Salinités moyennes des eaux d'irrigation, eaux phréatiques, croûtes et des sols de nappes superficielles

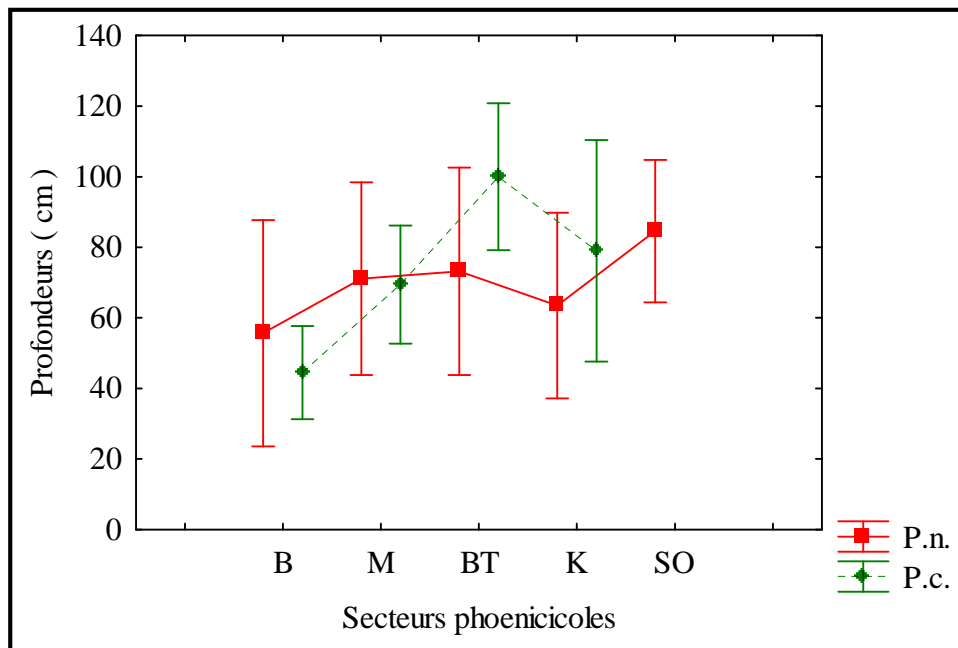


Figure VII 15. Profondeurs moyennes des nappes superficielles et des croûtes gypseuses

1.2.3. Discussion

Les conditions hydro-halomorphes de la nappe et la présence de croûtes constituent des facteurs limitants pour la croissance racinaire des cultures (ARSHAD et al., 1996). Les formations gypseuses de nappes phréatiques constituent dans l'oasis de Ouargla un facteur limitant pour la croissance des palmiers dattiers (POUGET, 1968).

La salinisation des sols en zones de nappes profondes et superficielles à cause des conditions hydro-halomorphes peut engendrer un stress hydro-salin. Les rendements en dattes

chez les palmiers dattiers risque de diminuer lorsqu'il y a une quantité excessive de sels solubles dans le sol, particulièrement la Déglet Nour (MUNIER, 1973).

L'énergie biologique des plantes utilisée dans la production de la biomasse va être consommée pour extraire l'eau de la solution saline du sol qui présente une pression osmotique élevée (RHOADES, 1985). L'augmentation de la pression osmotique dans la solution du sol engendre une réduction du courant de l'eau du sol vers les racines. Il résulte de cela, que si la résistance racinaire reste inchangée, on observe une absorption limitée de l'eau, d'où une réduction de la croissance végétative (ARAGUES, 1983). La sécheresse physiologique, manque d'eau, engendre le rabougrissement des sujets et l'absence de développement dans les cas extrêmes de salinité (SIMONNEAU et AUBERT, 1963).

L'engorgement des sols par l'eau est dangereux par la salinisation qu'il entraîne, mais en plus, il crée des conditions d'anaérobiose qui provoquent la réduction des oxydes ferriques, en faisant apparaître des tâches verdâtres de gley. Pour parer à toutes ces difficultés, il faut rabattre le niveau de la nappe phréatique au-dessous de la zone d'enracinement par un système de drainage (DUBOST, 1991). L'étude conduite à Ouargla en 2000 montre que la salinité augmente en présence de nappes superficielles, à la surface du sol et dans la zone racinaire du palmier dattier. L'évaporation dans cette région favorise les accumulations salines (DADDI BOUHOUN et BRINIS, 2006).

Le cultivar Déglet Nour, d'une importance certaine pour l'Algérie, reste sensible à la maladie du Bayoud (OUINTEN, 1996). Les zones du Sahara Nord-est algérien sont jusqu'à maintenant indemnes de cette maladie, et la cause probable à cela est la salinité élevée des sols dans ces régions (AMIR et al., 1996). Les études ont montré que la salinité favorise la diminution de la densité des populations de *Fusarium* (AMIR et al., 1989), et la salinité procure au sol une résistance au *Fusarium* vasculaire (AMIR et RIBA, 1990). Les expérimentations au laboratoire ont révélé que la densité de ces champignons tend vers 0 % quand la salinité du sol arrive à 2 % (AMIR et al., 1996). Les zones racinaires du palmier dattier dans la cuvette de Ouargla sont soumises à une forte salinité de sols et des eaux phréatiques superficielles qui dépassent de loin le seuil limite de tolérance du *Fusarium* obtenu en expérimentations in vitro. Il semble de cela, que l'environnement hydro-halomorphe à Ouargla ne favorise pas l'infection par la maladie du Bayoud.

La solution face à ces problèmes reste le drainage et un bon aménagement de l'écosystème de la cuvette de Ouargla par la plantation d'espèces hydro-halophiles pour réduire la salinité et le niveau de la nappe phréatique. L'étude de DUBOST (1991), préconise pour les oasis du Sahara Nord-Est algérien un niveau de drainage variable entre 1,3 et 1,5 m

de profondeur. Aussi, les études australiennes indiquent aussi que l'adoption d'un système agro-forestier et pastoral de luzerne, combiné à un drainage profond, peut réduire la remontée des eaux, l'engorgement et la salinisation secondaire (TURNER et WARD, 2002).

2. Impact de la dégradation hydro-édaphique

L'étude montre une dégradation importante des conditions hydro-édaphiques par la salinité des sols, le niveau des eaux phréatiques et des croûtes gypseuses. Cette dégradation semble avoir un effet sur la profondeur du système racinaire et le rendement des palmiers dattiers Déglet Nour.

2.1. Niveau d'enracinement des palmiers dattiers

L'étude de la profondeur d'enracinement du palmier dattier à 80 cm du tronc a montré que 56,89 % des exploitations présentent un enracinement superficiel, compris entre 27 et 119 cm de profondeur (Fig. VII 16). Cet enracinement superficiel, inférieur à 1,2 m de profondeur est limité par des obstacles de :

1. croûtes-nappes profondes,
2. croûtes-nappes superficielles,
3. nappes superficielles.

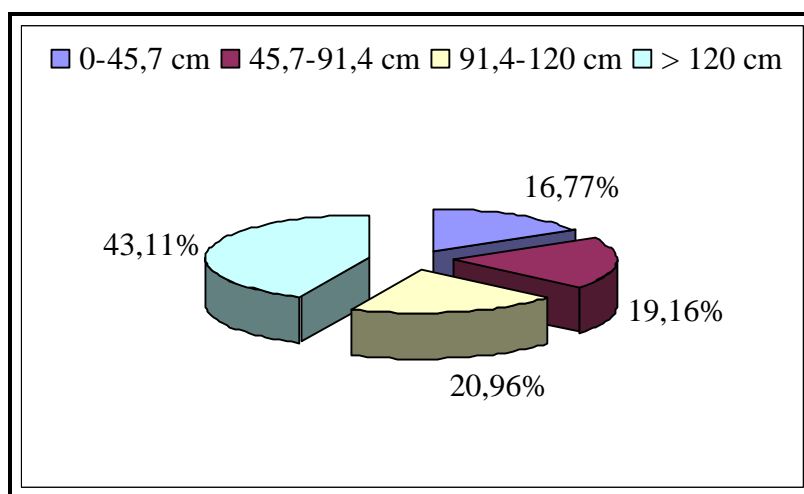


Figure VII 16. Profondeurs d'enracinement du palmier dattier dans les palmeraies de Ouargla

2.1.1. Impact des croûtes-nappes profondes

Les résultats indiquent que 2,99 % des palmeraies étudiées, de nappes profondes, leurs enracinements sont limités par des obstacles de croûtes gypseuses à Bamendil et gypso-calcaires au Ksar et à Beni Thour. Celui-ci constitue un obstacle mécanique pour l'enracinement du palmier dattier. Il existe des corrélations positives, très hautement significatives (Fig. VII 17) entre la profondeur racinaire du palmier dattier (P.r.) et la profondeur des croûtes gypseuses (P.c.).

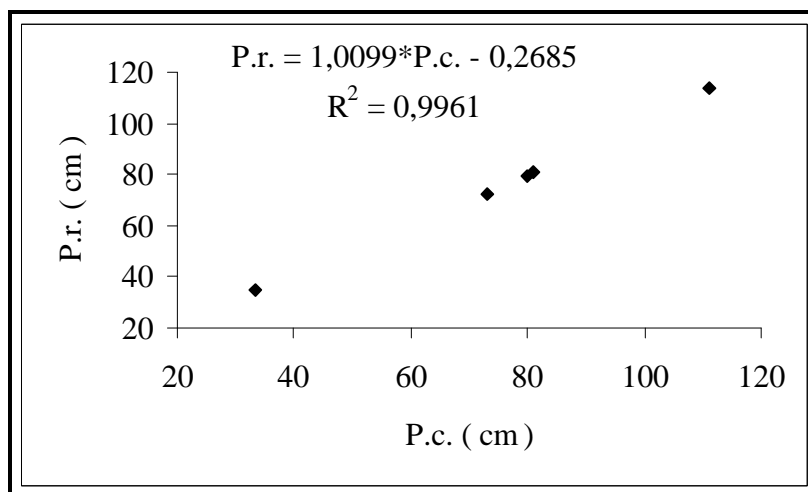


Figure VII 17. Impact des croûtes-nappes profondes sur l'enracinement

2.1.2. Impact des croûtes-nappes superficielles

L'étude montre que 10,78 % des palmeraies étudiées, de nappe superficielle, leurs enracinements sont limités par deux types d'obstacles, à savoir la nappe phréatique et les croûtes gypseuses à gypso-calcaires. Ces contraintes constituent des obstacles mécaniques et hydriques pour l'enracinement du palmier dattier. Il existe des corrélations positives, très hautement significatives (Fig. VII 18) entre la profondeur racinaire du palmier dattier (P.r.) et la profondeur de la nappe phréatique (P.n.), et avec les croûtes gypso-calcaires (P.c.). L'étude des régressions multiples montre l'existence d'une relation significative entre les profondeurs d'enracinements et celles des nappes phréatiques et des croûtes, comme suit: $P.r. = 6,654 + 0,967*P.n. - 0,005* P.c.$; $R = 0,9635$.

A la lumière des résultats obtenus, nous pouvons considérer que le niveau élevé des eaux phréatiques salées et des croûtes gypso-calcaires dans la cuvette de Ouargla constituent des obstacles physiques et chimiques qui limitent le développement racinaire du palmier dattier en profondeur des sols.

2.1.3. Impact des nappes superficielles

Les résultats révèlent que 43,11 % des palmeraies étudiées, de nappes superficielles, leurs enracinements sont limités par un obstacle hydrique de nappe phréatique. Il existe des corrélations positives, très hautement significatives (Fig. VII 19) entre la profondeur racinaire du palmier dattier (P.r.) et la profondeur de la nappe phréatique (P.n.).

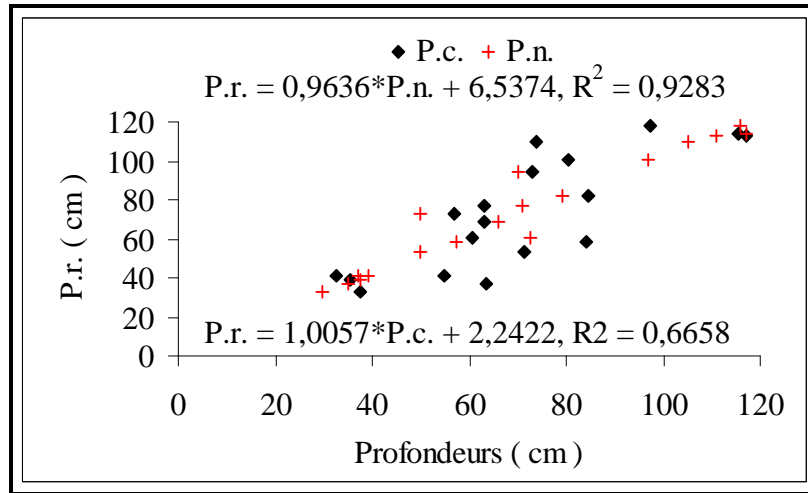


Figure VII 18. Impact des croûtes-nappes superficielles sur l'enracinement

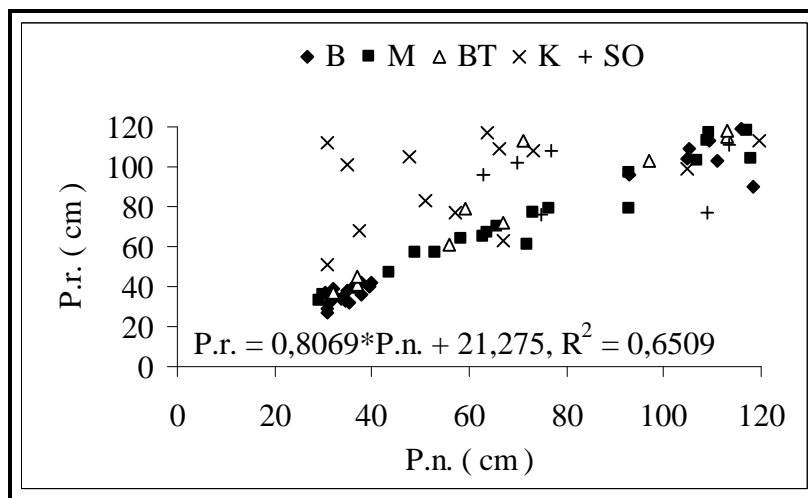


Figure VII 19. Impact des nappes superficielles sur l'enracinement

Cependant, dans quelques palmeraies du Ksar, les palmiers dattiers présentent un enracinement profond, supérieur à celui de la nappe phréatique. Cela montre que ces palmeraies souffrent d'un problème de remontée de nappe, à cause de la mauvaise gestion des eaux d'irrigation et de drainage. L'étude statistique montre aussi une corrélation significative, négative entre la profondeur racinaire du palmier dattier et la salinité du sol. Il semble que la salinisation des sols est favorisée par la remontée des eaux phréatiques et l'enracinement superficiel, à cause du pouvoir d'absorption racinaire élevé des palmiers dattiers.

2.1.4. Discussion

Les systèmes racinaires des plantes en zones de nappes phréatiques profondes ne peuvent pas facilement pénétrer les horizons massifs durcis, comme la croûte calcaire ou gypseuse. En outre, l'eau est principalement confinée dans la zone au-dessus de l'horizon massif, de sorte que le modèle géométrique de la croissance racinaire change. Les racines, cherchant l'eau, tendent à se prolonger latéralement, en favorisant le développement des

réseaux secondaires horizontaux de racines (ESTEBAN et KLAPPA, 1983 ; ALONSO-ZARZA et al., 1989).

Pratiquement, dans les oasis, les formations gypseuses de nappes constituent un facteur limitant très important, en particulier pour les cultures arbustives, telles que la phoeniciculture et l'arboriculture fruitière. Elles bloquent parfois brutalement l'accroissement en profondeur des racines qui viennent s'écraser sur un véritable banc gréseux (DURAND, 1959 ; POUGET, 1968). Les croûtes gypso-calcaires sont compactes et peu poreuses. Les racines du palmier pénètrent difficilement ces croûtes à cause de leur résistance mécanique. La croissance racinaire en profondeur du sol diminue, et l'enracinement prend une orientation latérale. La remontée de la nappe phréatique aggrave encore plus la situation, car la zone racinaire s'appauvrit en oxygène, ce qui produit l'asphyxie et la pourriture racinaire. Selon CALLOT et al. (1982), le développement racinaire des plantes n'est pas lié seulement à la porosité des sols, mais aussi à l'humidité et à la résistance du sol à la pénétration.

Les études ont montré que le palmier dattier tolère l'humidité élevée, car selon WENT et DARLEY (1953), le palmier dattier n'a pas la capacité de former une chevelure racinaire. Malgré sa tolérance à l'humidité, la description des racines des palmiers en Arizona a montré que la profondeur racinaire en contact de la nappe phréatique ne dépasse pas 2,2 m, et l'allongement latéral augmente pour atteindre 8,3 m. Le développement vertical des racines est freiné par le niveau élevé des nappes et compensé par l'allongement latéral des racines (SIMMONS, 1926).

Le mauvais drainage des eaux salées de la nappe augmente la concentration des sels dans la solution du sol; celle-ci devient toxique et incompatible avec une végétation normale du palmier dattier (MONCIERO, 1954). L'absorption des eaux phréatiques par les arbres, dans les régions semi-arides et arides, provoque l'augmentation de la salinité des sols dans la zone racinaire (KHANZADA et al., 1998). Le contact des racines avec les eaux phréatiques très salées, provoque la chute des rendements, le drainage devient dans ces conditions primordial (WEEKS, 1957 ; FURR, 1975). Pour parer à toutes ces difficultés, il faut maintenir le plan d'eau au-dessous du niveau d'enracinement du palmier dattier (DUBOST, 1991).

2.2. Niveau des rendements des palmiers dattiers

2.2.1. Relations avec les conditions hydro-édaphiques

Les rendements (Y) enregistrés pour la Déglet Nour changent avec la profondeur des nappes phréatiques et la présence ou non des croûtes gypseuses (Tabl. VII 1). En général, les rendements en zones de nappes profondes sont supérieurs à ceux des zones de nappes superficielles, à cause de l'effet du stress hydrique par l'excès d'eau. Ils varient respectivement

de 22,3 à 98 kg de dattes.palmier⁻¹, et de 15,7 à 87,5 kg de dattes.palmier⁻¹. Dans les zones de nappes profondes, la présence des croûtes fait baisser considérablement les rendements. Ils passent en moyenne de 70,18 à 58,33 kg de dattes.palmier⁻¹. Toutefois, dans les zones de nappes superficielles, en présence de croûtes, les rendements baissent légèrement de 42,64 à 42,16 kg de dattes.palmier⁻¹. Cela montre que les rendements des palmiers dattiers chutent principalement par l'excès d'eau phréatique. Le stress mécanique par la croûte gypseuse semble produire un effet réduit sur le rendement, comparé au stress des eaux phréatiques superficielles (Fig. VII 20).

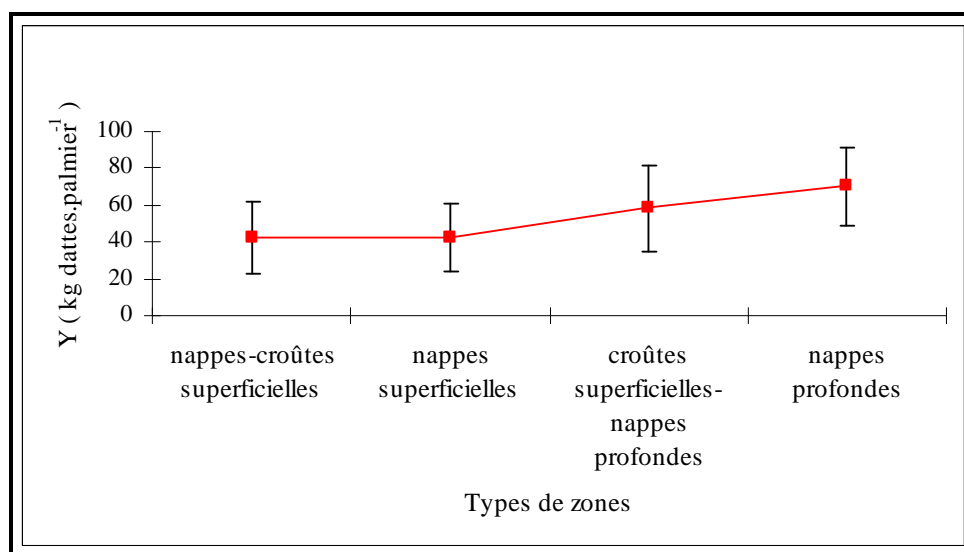


Figure VII 20. Niveaux des rendements dans les zones hydro-édaphiques de Ouargla

L'étude montre aussi une variabilité des rendements entre les secteurs phoenicicoles de la cuvette de Ouargla, et par rapport aux zones hydro-édaphiques (Fig. VII 21). En général, il semble que les rendements dans les zones de nappes profondes sont plus élevés par rapport aux zones de nappes superficielles. Les secteurs bien entretenus de Bamendil et Mékhadma présentent globalement les meilleurs rendements. Le stress mécanique des croûtes gypseuses provoque la diminution des rendements en dattes des palmiers dattiers, sauf à Beni Thour en zones de croûtes-nappes superficielles, les rendements apparaissent élevés par rapport aux autres secteurs phoenicicoles. La cause semble être la bonne conduite culturale à Beni Thour, qui atténue les effets néfastes des croûtes gypseuses.

Les analyses en composantes principales (ACP), montrent que les baisses de rendements des palmiers dattiers dans les sols de nappes profondes, sans croûtes gypseuses, sont liées significativement plus à la salinité des eaux d'irrigation qu'à celle des sols (Fig. VII 22). Cependant, en présence de croûtes gypseuses, c'est l'inverse qu'on observe (Fig. VII 23), car la croûte favorise l'augmentation de la salinité des sols, ce qui constitue un facteur limitant

pour les rendements. Il semble qu'en général, l'augmentation de la profondeur des croûtes gypseuses et d'enracinements favorise l'augmentation des rendements, mais les relations n'évoluent pas à un degré significatif. Les relations entre les paramètres de salinité et le rendement dans les sols sans croûtes et avec croûtes, sont respectivement les suivantes :

- ✓ $Y = 90,506 - 0,028 * C.E_{.e1:5} - 6,745 * C.E_{.i}$ ($R = 0,3669$),
- ✓ $Y = 151,892 + 4,262 * C.E_{.e1:5} - 10,178 * C.E_{.i} - 19,477 * C.E_{.ec1:5}$ ($R = 0,9376$).

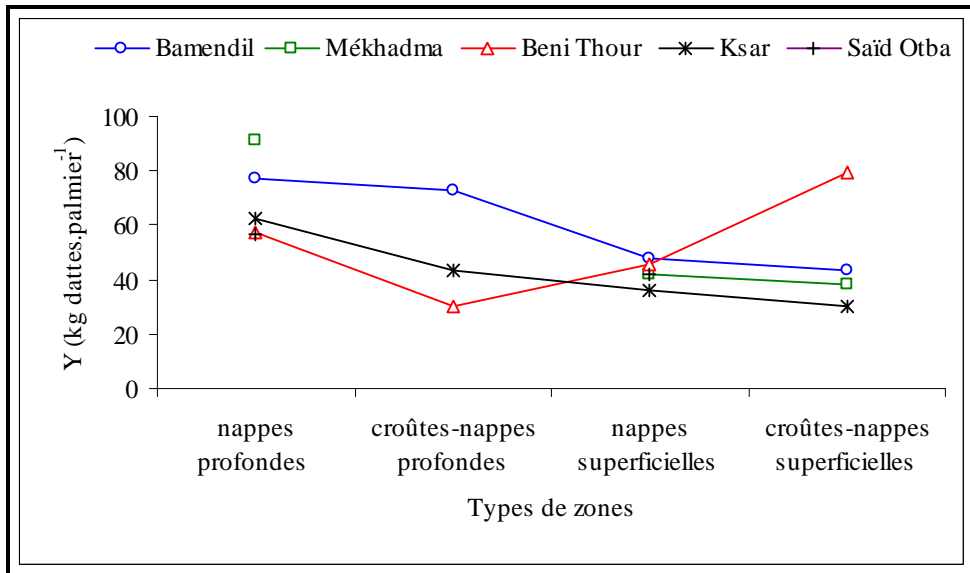


Figure VII 21. Niveaux des rendements dans les secteurs phoenicicoles de Ouargla

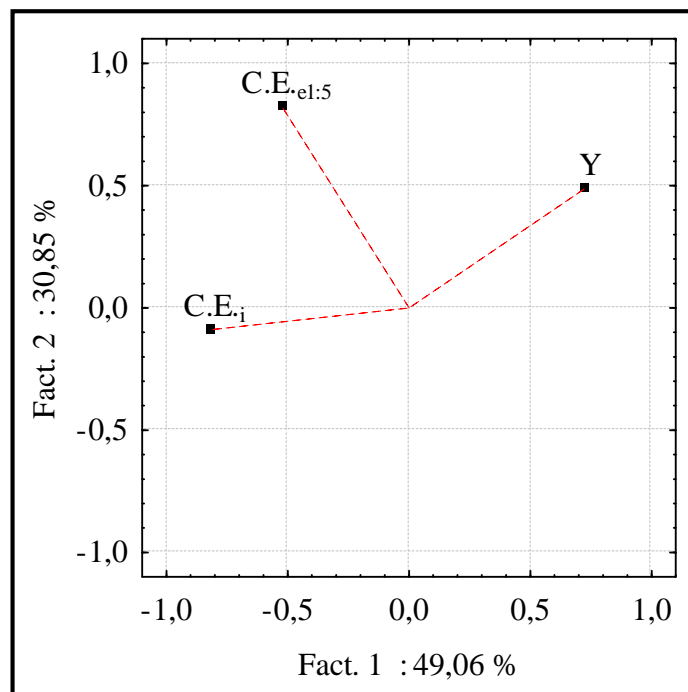


Figure VII 22. ACP des rendements en zones de nappes profondes

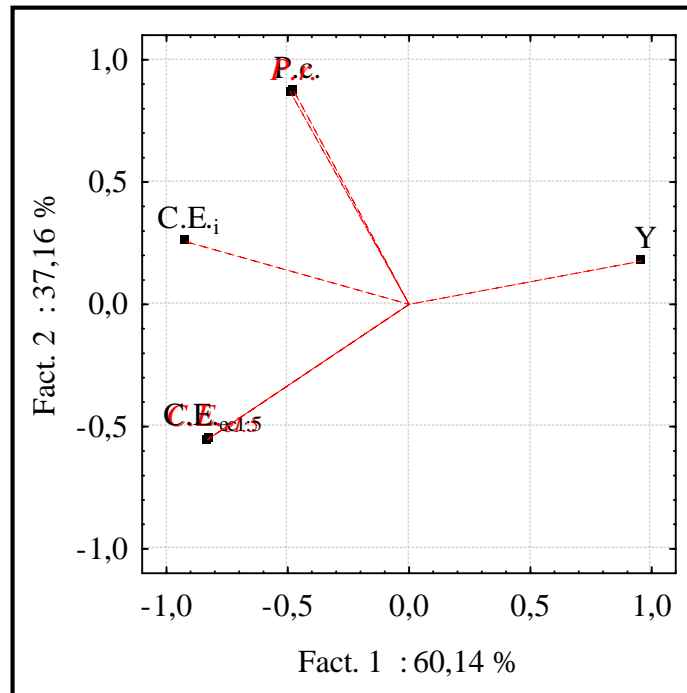


Figure VII 23. ACP des rendements en zones de croûtes-nappes profondes

Mais le niveau de toutes ces relations ne semble pas expliquer à lui seul la diminution des rendements. Ces derniers semblent liés à d'autres paramètres agronomiques, comme l'âge de plantation des palmiers dattiers et la conduite culturale au niveau des palmeraies.

Les études des ACP montrent que l'augmentation des rendements des palmiers dattiers dans les sols de nappes superficielles est privilégiée par l'augmentation des profondeurs de nappes phréatiques, de croûtes et d'enracinements. Par contre, les rendements diminuent significativement plus avec l'augmentation de la salinité du sol et de la croûte qu'avec l'augmentation de la salinité de la nappe phréatique et de l'eau d'irrigation (Fig. VII 24 et 25). Les relations entre les paramètres hydro-halomorphes et les rendements dans les sols sans croûtes et avec croûtes sont respectivement les suivantes :

- ✓ $Y = 72,223 + 0,192 * P.n. - 0,731 * C.E.n - 2,701 * C.E.ec1:5 - 3,426 * C.E.i$ ($R = 0,6439$),
- ✓ $Y = 80,58 + 0,176 * P.n. - 0,877 * C.E.n + 1,135 * C.E.ec1:5 - 3,466 * C.E.i - 6,199 * C.E.ec1:5$ ($R = 0,6430$).

Cependant, les niveaux des relations obtenues entre les paramètres étudiés et les rendements montrent qu'il y a en plus de la salinisation et de l'engorgement des sols, d'autres paramètres agronomiques qui agissent sur le niveau des rendements. Nous pouvons citer, à titre d'exemple, la gestion de l'irrigation et l'itinéraire technique au niveau des palmeraies étudiées.

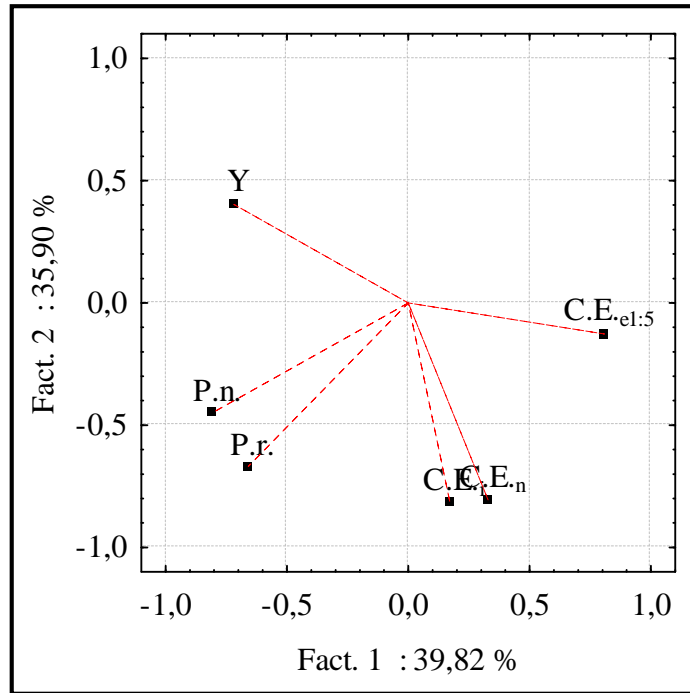


Figure VII 24. ACP des rendements en zones de nappes superficielles

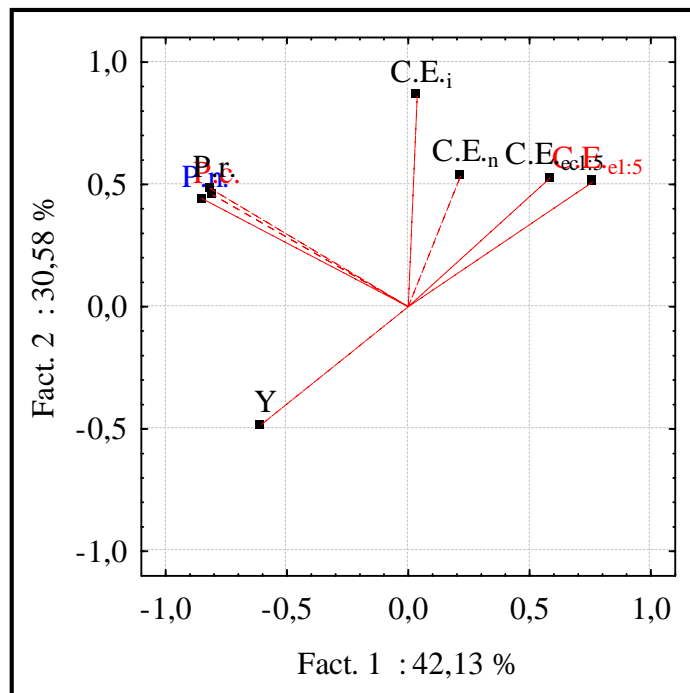


Figure VII 25. ACP des rendements en zones de croûtes-nappes superficielles

2.2.2. Tolérance des palmiers dattiers à la salinité

2.2.2.1. Evolution des rendements maximum

L'étude des relations entre les niveaux de salinités des sols et des rendements des palmiers dattiers traduit une très grande variabilité des rendements par rapport aux niveaux de salinités dans la cuvette de Ouargla. Cela peut être dû à plusieurs facteurs, à savoir l'âge de plantation, les conditions hydro-édaphiques et les pratiques culturales, particulièrement la

gestion de l'irrigation-drainage. Le niveau maximum des rendements dans les zones de nappes profondes est plus élevé par rapport au niveau des rendements dans les zones de nappes superficielles. L'existence d'une croûte gypseuse constitue un facteur limitant le niveau des rendements, à cause de son effet négatif sur la croissance racinaire et son action favorable à la salinisation des sols. Pour l'ensemble de la cuvette de Ouargla, la courbe de tendance de l'évolution des rendements maximum par rapport à la salinité des sols est de forme polynomiale (Fig. VII 26), en se basant sur la courbe représentant la relation entre les niveaux des facteurs limitants et les niveaux des rendements, où celle-ci passe par trois seuils : la carence ou le besoin, l'optimum et la toxicité (GROS, 1979).

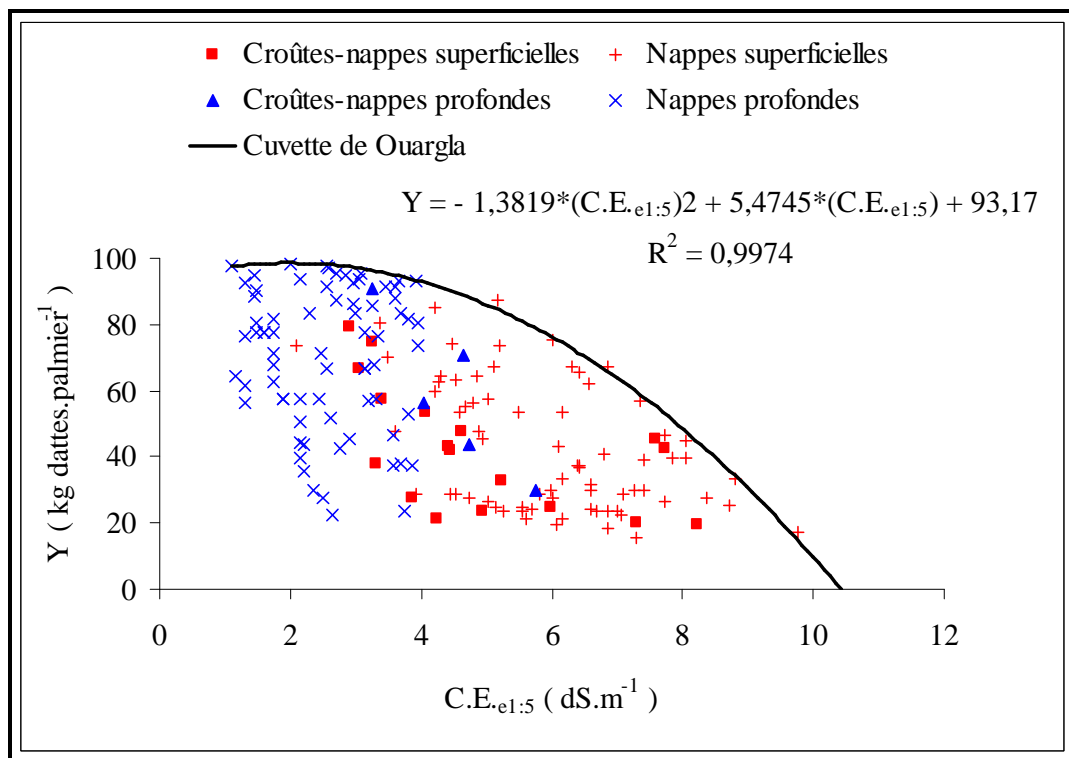


Figure VII 26. Impact du stress salin sur l'évolution des rendements maximums à Ouargla

Toutefois, nous pouvons déterminer les courbes de tendance des niveaux maximums des rendements par rapport à différentes conditions hydro-édaphiques. Celles-ci sont de forme polynomiale (Fig. VII 27) et changent en fonction du niveau de la nappe et la présence ou non d'une croûte gypseuse dans les palmeraies, comme suit :

- ✓ Croûtes-nappes superficielles: $Y = - 1,352*(C.E.e1:5)^2 + 5,794*C.E.e1:5 + 74,264$; $R^2 = 0,9522$.
- ✓ Nappes superficielles: $Y = - 1,551*(C.E.e1:5)^2 + 8,451*C.E.e1:5 + 80,337$; $R^2 = 0,9918$.
- ✓ Croûtes-nappes profondes: $Y = - 4,212*(C.E.e1:5)^2 + 15,067*C.E.e1:5 + 87,55$; $R^2 = 0,9908$.
- ✓ Nappes profondes: $Y = - 1,023*(C.E.e1:5)^2 + 3,174*C.E.e1:5 + 95,384$; $R^2 = 0,9992$.

L'étude des courbes en conditions de nappes profondes et superficielles, avec ou sans croûtes gypseuses, laisse apparaître une différence de tolérance des palmiers dattiers variable à la salinité des sols.

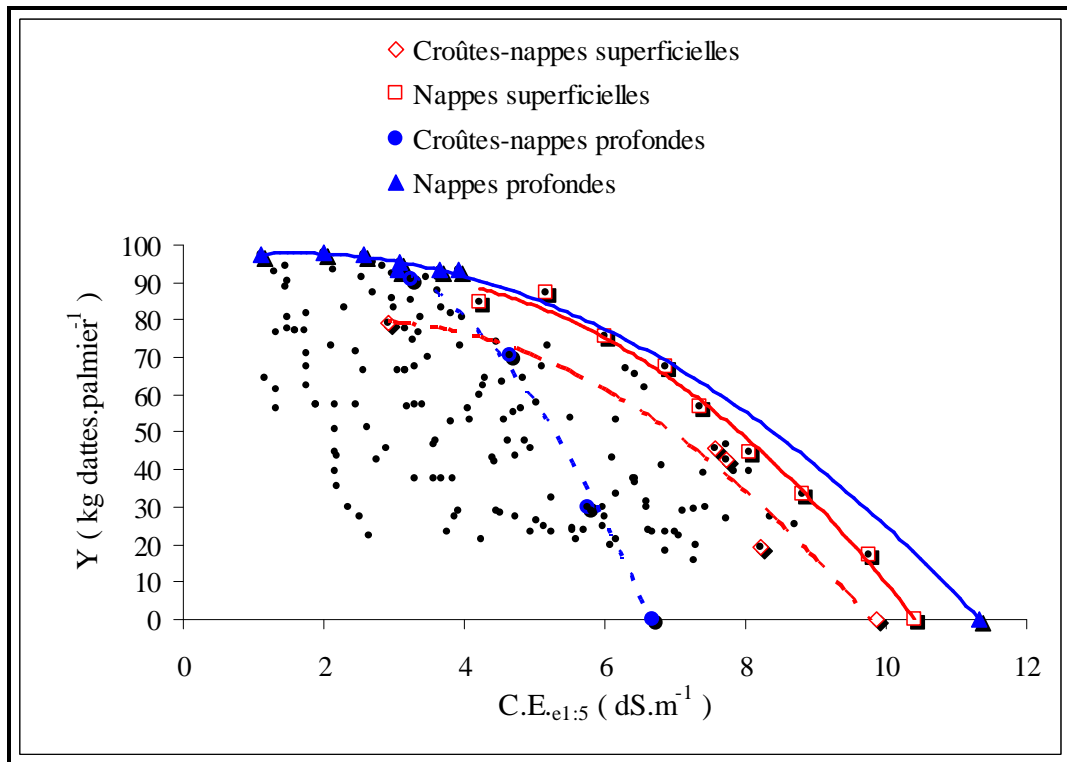


Figure VII 27. Impact du stress salin sur l'évolution des rendements maximums dans les zones hydro-édaphiques de Ouargla

Les résultats indiquent que les palmiers dattiers ont une meilleure tolérance à la salinité en zones de nappes profondes, sans croûtes gypseuses par rapport à celle de croûtes. Les rendements atteignent des valeurs maximums et diminuent progressivement avec la salinisation des sols. Cependant, la présence de la croûte et son action physico-chimique sur le sol et l'enracinement réduit les rendements et les fait diminuer brutalement avec la salinisation des sols, d'un rythme qui dépasse les autres zones de nappes superficielles avec ou sans croûtes. Le stress hydro-salin produit par les nappes superficielles favorise la diminution du niveau maximum des rendements par rapport à ceux de nappes profondes, et leurs effets s'accroissent en présence de croûtes. Toutefois, la tolérance des palmiers dattiers au stress salin en situation de nappes superficielles reste supérieure à celle des zones de croûtes-nappes profondes. Cela révèle que l'augmentation des apports d'eau de nappes, jumelée à la diminution du stress hydro-salin en présence de croûtes, favorise la nutrition et l'augmentation des rendements. Contrairement aux palmiers dattiers en zones de croûtes-nappes profondes, conditionnées par la gestion de l'irrigation et peuvent être soumises à un stress hydrique par déficience, qui accentue la chute des rendements.

L'étude des rendements reste complexe à cause de la multitude des paramètres limitants qui interviennent. Toutefois, l'effet des conditions hydro-halomorphes et des croûtes gypseuses semble constituer des facteurs limitants très importants.

2.2.2.2. Courbes-enveloppes

L'utilisation des courbes enveloppes jouent un rôle important dans le diagnostic agronomique (MAKOWSKI et al., 2007). Le principe des courbes-enveloppes (*boundary line approach*) a été décrit par WEBB (1972), puis ultérieurement appliqué pour décrire l'effet des variables environnementales, comme la teneur du sol en nutriments (LEWANDOWSKI et SCHMIDT, 2006), la salinité (JOHNSON et al., 2003 ; KITCHEN et al., 2003), ou une combinaison de facteurs (CASANOVA et al., 1999). Cette approche suppose que la limite supérieure de la relation entre une variable dépendante (ex. le rendement d'une culture) et une variable indépendante (ex. la salinité du sol) peut être d'un plus grand intérêt que le meilleur ajustement à travers le nuage de points (KITCHEN et al., 2003). Sur cette limite, la variable indépendante est supposée être le principal facteur limitant et les interactions avec d'autres facteurs y sont insignifiantes. Dans les situations décrites par les points situés sous la ligne, le rendement est alors limité par un ou plusieurs autres facteurs (LEWANDOWSKI et SCHMIDT, 2006 ; MILNE et al., 2006). Dans la plupart des études, les paramètres de ces courbes sont estimés, soit à « l'œil », soit en fixant les paramètres aux mesures maximales. Une courbe enveloppe peut être définie comme une fonction linéaire ou non linéaire, reliant les valeurs maximales de Y (le rendement d'une culture) en fonction des valeurs que peut prendre le facteur limitant X (la salinité du sol). Si Y était mesurée sans erreur, toutes les observations seraient inférieures aux valeurs de la courbe enveloppe mais, comme en pratique, Y est mesurée avec erreur, il est possible que certaines observations soient plus grandes que celles fournies par la courbe enveloppe (MAKOWSKI et al., 2007)

En se basant sur ce principe, nous avons essayé par l'emploi de la régression linéaire des points de limite supérieure, de tracer la courbe enveloppe et déterminer les seuils de salinité à partir desquels le rendement (Y) commence à chuter. Pour cela, nous avons déterminé pour chaque condition hydro-édaphique, la droite linéaire du seuil maximum de rendement (Y_1), équivalant à la valeur maximum du rendement (Y_{smax}). Aussi, nous avons déterminé à l'aide de la régression linéaire (Y_2), la droite qui lie les points de rendements maximum au cours de la chute. De cette relation, on mesure le seuil critique de salinité (C.E._{sc}) à partir duquel le rendement maximum (Y_{smax}) commence à chuter jusqu'au point de rendement minimum (Y_{smin}), équivalant au point maximum de salinité (C.E._{smax}) enregistrée sur terrain (Annexe 1).

Les courbes-enveloppes nous ont permis de déterminer le seuil critique de salinité du sol à partir duquel les rendements commencent à chuter et l'intensité de chute. Ils montrent des seuils qui varient en fonction des zones hydro-édaphiques de 2,3-3,5-5,3 et 2,9 dS.m⁻¹ respectivement pour les zones de nappes profondes, de croûtes-nappes profondes, de nappes superficielles et de croûtes-nappes superficielles. Le seuil critique de salinité en nappes profondes augmente en présence de croûtes gypseuses, signe d'une tolérance à la salinité, puisque celle-ci diminue l'infiltration des eaux d'irrigation, et permet ainsi une bonne alimentation hydrique des palmiers dattiers Déglet Nour. Toutefois, l'intensité de chute des rendements dépasse celle de toutes les autres zones hydro-édaphiques, suite aux effets des croûtes sur la réduction de l'enracinement et l'augmentation des accumulations salines, apparemment de faciès chimique toxique, réduisant le potentiel nutritif des palmiers dattiers. La tolérance à la salinité augmente en zones de nappes superficielles et diminue si celles-ci renferment des croûtes. Les apports en eaux superficielles permettent aux palmiers de satisfaire leurs besoins en eau et de maintenir un niveau élevé de rendement jusqu'à un seuil critique de stress salin, diminuant en présence de croûtes où la compacité limite l'infiltration des eaux d'irrigation, l'enracinement et favorise le stress hydrique par excès (Fig. VII 28).

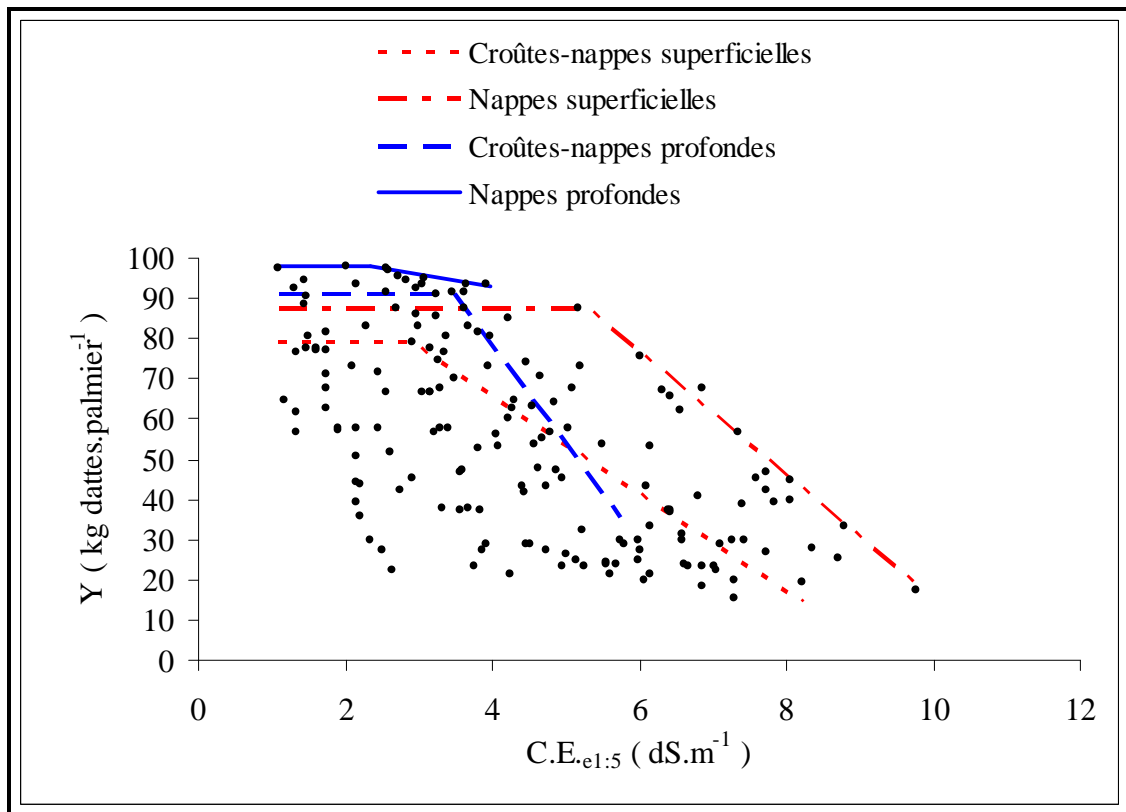


Figure VII 28. Courbes-enveloppes des rendements dans la cuvette de Ouargla

Une faiblesse de cette approche est que l'influence d'un seul facteur est analysée à la fois ; la méthode n'est véritablement appropriée que si l'on s'intéresse aux effets d'un ou deux

facteurs limitants (LARK, 1997). Mais dans notre cas, les rendements sont limités par plusieurs facteurs hydro-édaphiques et la limite supérieure n'exprime que le rendement des palmiers dattiers les plus performants, généralement les plus âgés et bien entretenus. Il est nécessaire dans ces conditions de chercher une relation qui nous permet d'exprimer la chute des rendements moyens pour l'ensemble des palmiers dattiers étudiés, âgés entre 15 et 45 ans. Pour cela, nous avons essayé de développer des modèles linéaires adaptés aux conditions hydro-édaphiques des zones étudiées.

2.2.3. Modèles linéaires adaptés aux zones d'études

Pendant les cent dernières années, de nombreux travaux ont été conduits pour déterminer la tolérance ou la sensibilité des cultures à la salinité. MAAS et HOFFMAN (1977) ont réalisé une analyse de ces données, ultérieurement réactualisées par MAAS (1990). Ils concluent que l'influence de la salinité moyenne dans la zone racinaire sur le rendement des cultures peut être raisonnablement décrite par une relation linéaire par morceaux caractérisée par un seuil de salinité en dessous duquel, le rendement n'est pas affecté, et au-dessus duquel, le rendement décroît linéairement avec la salinité. Une synthèse de ces résultats a été réalisée par la FAO (AYERS et WESTCOT, 1988). Cette relation est spécifique pour chaque culture et conduit à une classification en quatre grands groupes de cultures sensibles, modérément sensibles, modérément tolérantes et tolérantes à la salinité. Cependant, différentes formulations alternatives ont aussi été utilisées avec succès, et il apparaît souvent difficile de définir précisément une valeur seuil de salinité à partir des jeux de données erratiques et un nombre limité d'observations (KIJNE, 2003). Au-delà de ces bases expérimentales et relations empiriques utilisées, la tolérance à la salinité résulte en fait d'un ensemble de mécanismes physiologiques au déterminisme génétique complexe et d'effets osmotiques, mais aussi ioniques et nutritionnels en interaction (MUNNS, 2005). A court terme, les effets osmotiques sont prédominants et les interactions avec le stress hydrique sont importantes. A plus long terme, les effets résultent plus spécifiquement de l'accumulation d'un excès d'ions toxiques dans la plante.

La plupart des relations fonctionnelles disponibles ont été établies à partir d'expérimentations conduites en milieu contrôlé. Dans les conditions réelles, en parcelles paysannes, plusieurs facteurs se combinent et les rendements sont généralement inférieurs aux valeurs attendues sous l'influence d'une combinaison de facteurs (KIJNE, 2003). C'est notamment le cas, lorsque deux facteurs comme la salinité et la conduite de l'irrigation sont susceptibles d'interagir, amplifiant le seul effet attendu de la salinité. De plus, la distribution des sels dans les sols n'est ni homogène, ni stationnaire, et les effets de la salinité peuvent

varier en fonction du stade de la culture (ZENG et al., 1991). Les corrélations indiquent une diminution du rendement avec l'augmentation de la salinité sont souvent significatives, mais elles ne peuvent à elles seules expliquer les rendements (KITCHEN et al., 2003). Un large ensemble de facteurs environnementaux et agronomiques sont susceptibles également d'affecter conjointement les rendements des cultures. Les relations entre eux sont étudiées par les diagrammes et les statistiques appliquées (DAGNELIE, 1975 ; SAPORTA, 1990).

Les études montrent que la description quantitative de l'effet combiné des contraintes environnementales sur la croissance des plantes exige des seuils de tolérance pour les variables individuelles affectant la croissance de celle-ci, et l'étude des interactions entre eux (SHANI et DUDLEY, 2001 ; BEN-GAL et SHANI, 2002 ; SHENKER et al., 2003). D'après, SHANI et al. (2005), les interactions complexes des stress dans les travaux précédents peuvent être représentés suffisamment par l'approche du facteur dominant, basé sur l'étude de MAAS et HOFFMAN (1977), qui présente l'impact de la salinité des sols sur la chute linéaire des rendements relatifs. L'approche du facteur dominant permet d'avoir des modèles de tolérance aux contraintes environnementales, engendrant des notions différentes de système de conduite culturale et d'options de gestion d'irrigation.

En se basant sur l'approche de MAAS et HOFFMAN (1977), nous avons essayé de définir la cinétique de la chute du rendement moyen des palmiers dattiers Déglet Nour, âgés entre 15 et 45 ans, et d'établir des modèles linéaires adaptés à l'environnement hydro-édaphiques de Ouargla pour exprimer les effets des contraintes du milieu, corrélant significativement avec les rendements et le facteur dominant de salinité du sol.

MAAS et HOFFMAN (1977), signalent que toute augmentation de la salinité du sol (C.E._e) au-delà des concentrations qui déclenchent une baisse de rendement aura un effet proportionnel. Pour exprimer cet effet linéaire, ils ont proposé l'équation ci-après :

$$Y_r = 100 - b*(C.E._e - a)$$

Où Y_r = rendement relatif de la culture, en pourcentage,
 $C.E._e$ = salinité de l'extrait de pâte saturé (dS.m⁻¹),
 a = seuil critique de salinité pour la culture, correspondant à C.E._e maximum pour laquelle on obtient un rendement de 100 % (dS.m⁻¹),
 b = diminution du rendement par unité de salinité ou pourcentage de perte de rendement par unité de salinité (C.E._e) entre la valeur seuil (a) et la valeur C.E._e correspondant à une diminution de rendement de 100 %.

MAAS et HOFFMAN (1977), ont réalisé un tableau universel de chute de rendement relatif (Y_r), de 100 à 0 %, pour les palmiers dattiers sur la base de l'équation $Y_r = 100 - 3,6*($

C.E._e – 4). D'après les échelles de salure (U.S.S.L., 1954 ; AUBERT, 1978), le seuil $a = 4$ dS.m⁻¹, de l'extrait de pâte saturée, correspond à la limite maximum du degré peu salé dans le sol. Il est équivalent à 1,2 dS.m⁻¹ dans l'échelle de salure de l'extrait aqueux 1:5. L'équation est adaptée pour les sols bien drainés avec une fraction de lessivage suffisante. Elle permet de faire une appréciation générale de l'effet de la salinité sur la chute des rendements avec des valeurs fixes. Cela n'est pas tout à fait exact, car la tolérance des palmiers dattiers varie en fonction des continents, la conduite culturale et les cultivars.

Les paramètres (a) et (b) de l'équation liés à une salinisation des sols par l'eau d'irrigation, vont changer en présence d'une nappe superficielle qui fonctionne comme une source supplémentaire de salinité. La salinité, au lieu de croître avec la profondeur, sera souvent maximale près de la surface (AYERS et WESTCOT, 1988). Cela nous ramène à ajuster les paramètres (a) et (b) de l'équation MAAS et HOFFMAN (1977), aux conditions hydro-édaphiques de Ouargla, pour le cultivar Déglet Nour étudié en conduite culturale traditionnelle. Les paramètres (a) et (b) ajustés seront nommés (a') et (b'). Les équations obtenues nous permettent de suivre la chute des rendements à partir d'un seuil critique idéal de tolérance à la salinité, existant à Ouargla en bonnes conditions d'irrigation-drainage. Elles ont été estimées en suivant plusieurs étapes :

1. Grouper les données mesurées en fonction des classes de salinités des sols, selon l'échelle de AUBERT (1978). Celle-ci est divisée en cinq degrés de salinité : non salé, peu salé, salé, très salé et extrêmement salé, avec leurs valeurs respectives : $\leq 0,6$ dS.m⁻¹, 0,6-1,2 dS.m⁻¹, 1,2-2,4 dS.m⁻¹, 2,4-6 dS.m⁻¹ et supérieures à 6 dS.m⁻¹. La classe très salée a été fractionnée en trois sous-classes écartées de 1,2 dS.m⁻¹ afin de suivre la diminution des rendements ;
2. calculer les moyennes des rendements et des paramètres hydro-édaphiques C.E._{e1:5}, C.E._{ec1:5}, C.E._i, C.E._n, P.n. et P.c. pour chacune des classes et sous classes ;
3. Choisir les paramètres hydro-édaphiques limitant les rendements par l'étude de la signification des régressions linéaires simples qui lient les rendements avec les paramètres étudiés. Il découle de cela, que toutes les relations sont significatives, sauf celles entre le rendement et le degré de salinité des croûtes gypseuses (C.E._{ec1:5}). Ce dernier paramètre a donc été exclu de l'étude ;
4. Déterminer les relations linéaires simples entre la salinité des sols (C.E._{e1:5}) et les rendements pondéraux moyens (Y_p) des zones de croûtes-nappes profondes (Y_{pcnp}), de nappes profondes (Y_{pnp}), de croûtes-nappes superficielles (Y_{pcns}) et de nappes superficielles (Y_{pns}). Cette approche nous permet d'estimer le paramètre (b' =

$100*(C.E_{me1:5}-a')^{-1}$) de l'équation de chute de rendement de MAAS et HOFFMAN (1977), avec la salinité maximum ($C.E_{me1:5}$), correspondant au rendement pondéral moyen nul, et (a') correspond à la salinité minimum souhaitée pour laquelle le rendement est au maximum, qui correspond à la limite maximum du degré peu salé dans le sol (MAAS et HOFFMAN, 1977), équivalent à $1,2 \text{ dS.m}^{-1}$ dans l'échelle de salure de l'extrait aqueux 1:5, existant en bonnes conditions d'irrigation-drainage à Ouargla ;

5. Déterminer les relations linéaires simples entre la salinité des sols ($C.E_{e1:5}$) et chacun des paramètres limitants étudiés : $C.E_{.i}$, $C.E_{.n}$, P.n. et P.c. ;
6. Calculer les paramètres (a') et (b') de l'équation de chute de rendement de MAAS et HOFFMAN (1977) relatif à la salinité de l'eau d'irrigation ($C.E_{.i}$) et de l'eau phréatique ($C.E_{.n}$), et aussi correspondant à la profondeur de la nappe phréatique (P.n.) et de la croûte gypseuse (P.c.). Pour obtenir ces paramètres (a') et (b') des équations de chute de rendement, nous avons remplacé $C.E_{e1:5}$ dans l'équation par son équivalent dans l'équation de la régression linéaire avec $C.E_{.i}$, $C.E_{.n}$, P.n. et P.c. ;
7. Calculer la chute des rendements pondéraux (Y_p) dans chaque zone hydro-édaphique, par rapport aux rendements relatifs (Y_r) : 100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10 et 0 %.

Nos résultats ont abouti à des modèles linéaires représentant l'effet des conditions hydro-édaphiques sur les niveaux des rendements dans les différentes zones d'études. Les équations des modèles restent similaires à celles de MAAS et HOFFMAN (1977), sauf que les unités des paramètres (a') et (b') des équations changent en fonction des paramètres hydro-édaphiques étudiés, comme suit : $Y_r = 100 - b'*(X - a')$

Où Y_r = rendement relatif de la culture, en pourcentage,

X = paramètres hydro-édaphiques $C.E_{e1:5}$, $C.E_{.i}$, $C.E_{.n}$ en dS.m^{-1} , et P.n. et P.c. en cm,

a' = seuils critiques des paramètres pour la culture, correspondant à $C.E_{e1:5}$, $C.E_{.i}$, $C.E_{.n}$, P.n. et P.c. maximum pour lesquels on obtient un rendement de 100 %,

b' = pourcentage de perte de rendement par unité de paramètres étudiés entre la valeur seuil (a') et la valeur correspondant à une diminution de rendement de 100 %.

Les résultats montrent que la chute des rendements relatifs varie par rapport à la salinité des sols et aux conditions hydro-édaphiques (Tabl. VII 2).

En zones de nappes profondes, l'intensité de chute des rendements est faible par rapport aux autres zones. Cela montre une grande tolérance du palmier dattier aux conditions hydro-édaphiques existantes dans ces zones.

Tableau VII 2. Relations entre la chute des rendements moyens et tolérance des palmiers dattiers aux stress hydro-édaphiques à Ouargla

Y _r (%)	Croûtes-nappes profondes				Nappes profondes			Croûtes-nappes superficielles						Nappes superficielles				
	C.E. _{e1:5} dS.m ⁻¹	Y _p kg	C.E. _i dS.m ⁻¹	P.c. cm	C.E. _{e1:5} dS.m ⁻¹	Y _p kg	C.E. _i dS.m ⁻¹	C.E. _{e1:5} dS.m ⁻¹	Y _p kg	C.E. _i dS.m ⁻¹	C.E. _n dS.m ⁻¹	P.n. cm	P.c. cm	C.E. _{e1:5} dS.m ⁻¹	Y _p kg	C.E. _i dS.m ⁻¹	C.E. _n dS.m ⁻¹	P.n. cm
100	1,2	139,3	1,1	85,7	1,2	80,3	2,2	1,2	84,0	1,3	10,2	97,1	91,9	1,2	80,9	1,3	10,8	127,1
90	1,8	125,4	1,4	84,0	3,0	72,3	3,0	1,9	75,6	1,6	11,5	92,3	88,2	2,2	72,8	1,8	13,0	114,1
80	2,3	111,4	1,7	82,3	4,7	64,3	3,8	2,6	67,2	1,8	12,7	87,5	84,6	3,2	64,7	2,4	15,1	101,2
70	2,9	97,5	2,0	80,7	6,5	56,2	4,6	3,3	58,8	2,1	14,0	82,7	80,9	4,2	56,6	2,9	17,3	88,2
60	3,5	83,6	2,3	79,0	8,3	48,2	5,4	4,0	50,4	2,3	15,3	77,9	77,3	5,2	48,5	3,5	19,4	75,2
50	4,1	69,6	2,6	77,3	10,1	40,2	6,2	4,7	42,0	2,6	16,6	73,1	73,7	6,2	40,4	4,1	21,6	62,2
40	4,6	55,7	2,9	75,6	11,8	32,1	7,0	5,3	33,6	2,9	17,8	68,3	70,0	7,2	32,4	4,6	23,7	49,2
30	5,2	41,8	3,2	73,9	13,6	24,1	7,8	6,0	25,2	3,1	19,1	63,5	66,4	8,2	24,3	5,2	25,9	36,2
20	5,8	27,9	3,5	72,2	15,4	16,1	8,6	6,7	16,8	3,4	20,4	58,7	62,7	9,2	16,2	5,7	28,0	23,2
10	6,4	13,9	3,8	70,6	17,1	8,0	9,5	7,4	8,4	3,6	21,7	53,9	59,1	10,2	8,1	6,3	30,2	10,2
0	6,9	0,0	4,1	68,9	18,9	0,0	10,3	8,1	0,0	3,9	22,9	49,1	55,5	11,3	0,0	6,8	32,3	-2,7

Cependant, le rendement pondéral moyen obtenu, en zones de nappes profondes, au niveau du rendement relatif de 100 % est faible, équivalent à celui des zones de nappes superficielles, est inférieur à celui des autres zones. Il semble que les effets néfastes du stress salin sur les rendements sont accentués probablement par un stress hydrique par déficience en nappes profondes, et par excès en nappes superficielles du à la mauvaise gestion de l'irrigation-drainage, et par une carence minérale, en l'absence de fertilisation en conduite culturale traditionnelle à Ouargla.

L'étude dévoile que l'intensité de chute des rendements relatifs (b') en fonction de l'halomorphie édaphique et hydrique augmente en présence de la croûte gypseuse. Le paramètre (b') en zones de nappes profondes passe de 5,6 à 17,5 % / dS.m⁻¹ pour le sol et de 12,3 à 33,2 % / dS.m⁻¹ pour l'eau d'irrigation. Cependant, en zones de nappes superficielles, l'intensité de chute des rendements relatifs passe de 9,9 à 14,5 % / dS.m⁻¹ pour le sol, de 18,1 à 38,7 % / dS.m⁻¹ pour l'eau d'irrigation, et de 4,7 à 7,9 % / dS.m⁻¹ pour l'eau phréatique (Annexe 2). Il apparaît que l'effet négatif de la salinité des sols en présence de croûtes augmente légèrement en zones de nappes profondes. Cela est dû probablement à l'effet du déficit d'irrigation qui produit un stress hydrique, associé au stress salin, augmentant la chute des rendements des palmiers dattiers. Toutefois, l'effet négatif de la salinité des eaux d'irrigation en présence de croûtes augmente légèrement en zones de nappes superficielles. Il semble que les apports phréatiques en sels et la lixiviation limitée par les croûtes accentuent l'effet du stress salin par les eaux d'irrigation sur les palmiers dattiers.

Les rendements relatifs atteignent 100 % à une salinité de sols idéale de 1,2 dS.m⁻¹ et une salinité des eaux d'irrigation variable, selon les conditions hydro-édaphiques de Ouargla, comprise entre 1,1 et 2,2 dS.m⁻¹. Les rendements relatifs deviennent nuls si la salinité des sols et des eaux d'irrigation est comprise respectivement entre 6,9 et 18,9 dS.m⁻¹, et entre 4,1 et 10,3 dS.m⁻¹ (Fig. VII 29 et 30). On constate que la tolérance des palmiers dattiers à la salinité des sols et des eaux d'irrigation augmente en l'absence de croûtes gypseuses et de nappes phréatiques superficielles.

Cependant, pour atteindre 100 % de rendements relatifs en zones de nappes phréatiques superficielles, il faut que la salinité des eaux de nappes soit comprise entre 10,2 et 10,8 dS.m⁻¹ et situées à une profondeur comprise entre 97,1 et 127,1 cm. Les rendements relatifs deviennent nuls si les eaux de nappe présentent une salinité comprise entre 22,9 et 32,3 dS.m⁻¹, et une profondeur comprise entre 49,1 cm et - 2,7 cm, l'eau inonde le sol d'environ 3 cm de hauteur (Fig. VII 31 et 32). Il ressort que les palmiers dattiers supportent l'inondation jusqu'à environ 3 cm de hauteur au-dessus des sols sans croûtes. La présence de

cette dernière diminue la tolérance des palmiers dattiers à l'engorgement et à la salinité des eaux phréatiques superficielles. L'étude montre que l'intensité de chute des rendements relatifs (b') en fonction de la profondeur de la nappe phréatique superficielle augmente en présence de la croûte gypseuse. Le paramètre (b') passe de - 0,8 à - 2,1 % / cm de profondeur (Annexe 2). Il apparaît que la chute des rendements devient rapide avec l'élévation du niveau de la nappe phréatique en zones de croûtes gypseuses. Dans ces conditions, la croûte gypseuse accentue l'effet d'engorgement et de salinisation par les eaux phréatiques.

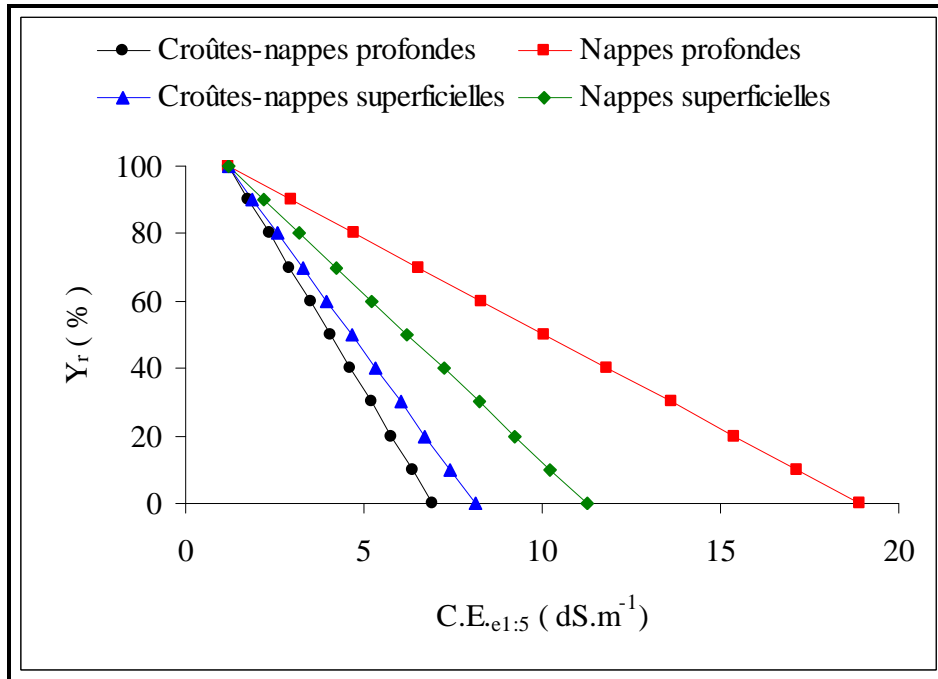


Figure VII 29. Chute des rendements relatifs en fonction de la salinité des sols

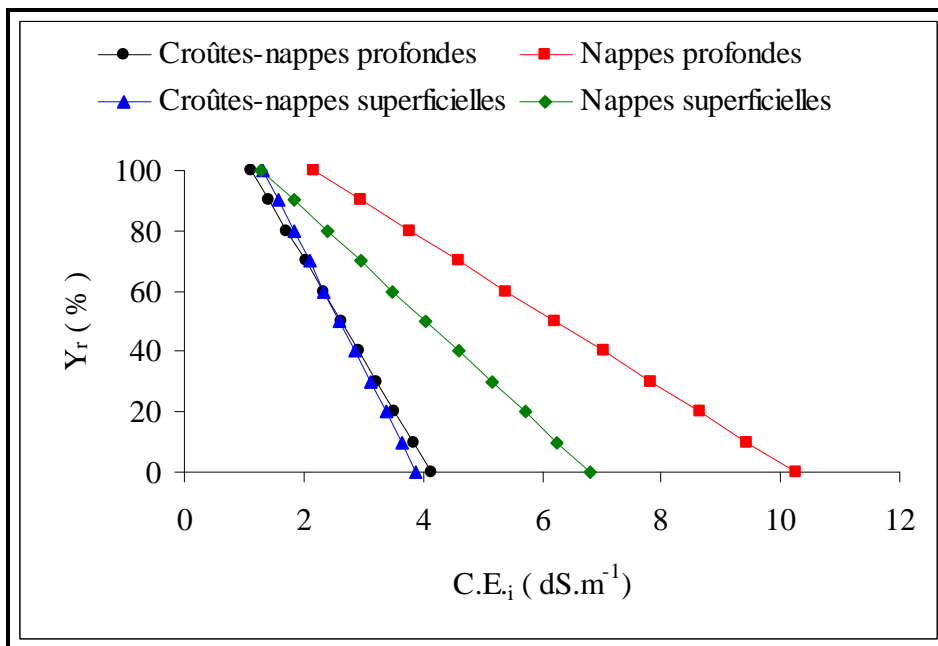


Figure VII 30. Chute des rendements relatifs en fonction de la salinité des eaux d'irrigation

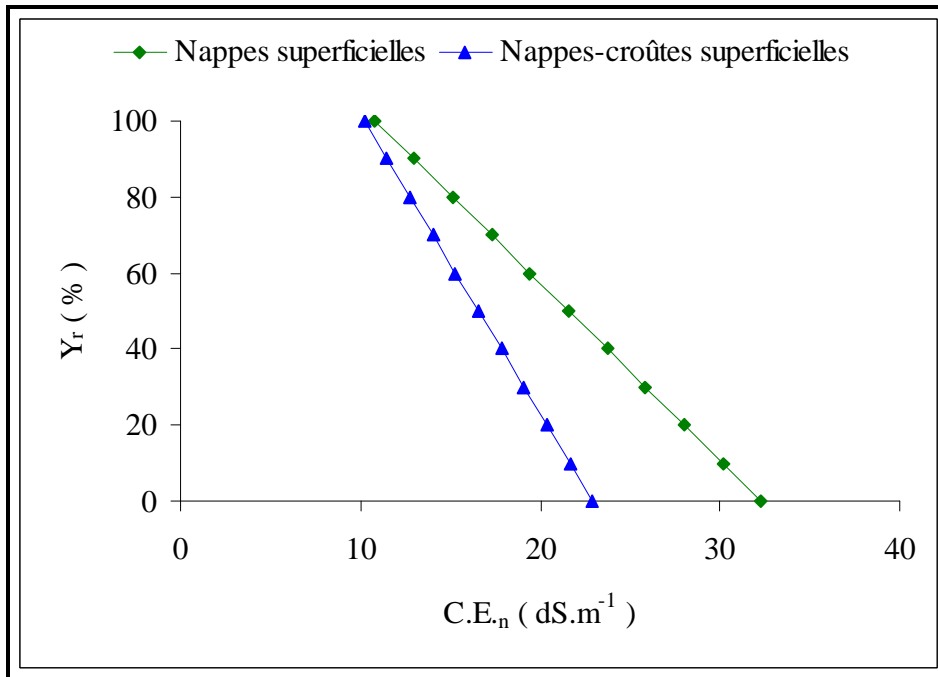


Figure VII 31. Chute des rendements relatifs en fonction de la salinité des eaux phréatiques

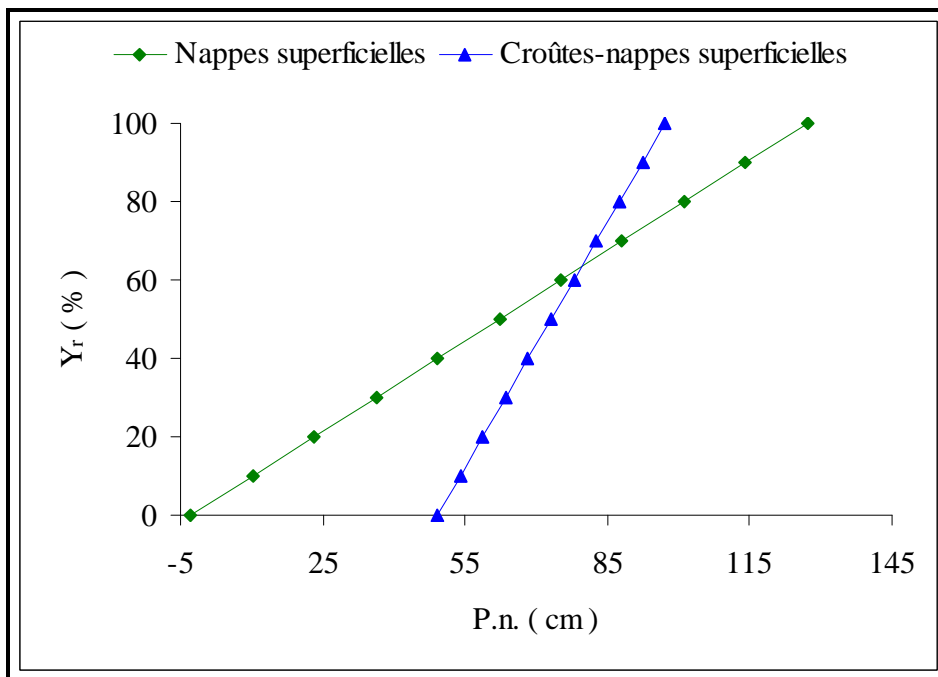


Figure VII 32. Chute des rendements relatifs en fonction de la profondeur de la nappe phréatique

Toutefois, on constate que la présence de la nappe phréatique superficielle atténue l'effet néfaste du niveau de la croûte gypseuse sur les rendements des palmiers dattiers. Le rendement relatif passe de 100 à 0 % en zones de nappes profondes et en zones de nappes superficielles si la profondeur de la croûte passe respectivement de 85,7 à 68,9 cm, et de 91,9

à 55,5 cm (Fig. VII 33). En général, Il semble que les palmiers dattiers Déglet Nour ne peuvent pas supporter des croûtes gypseuses de profondeur inférieure à 55,5 cm. L'élévation de ces obstacles mécaniques favorisent l'engorgement, la salinité des sols et réduit le développement racinaire et le rendement des palmiers dattiers.

L'étude montre aussi que l'intensité de chute des rendements relatifs (b') en fonction de la profondeur de la croûte gypseuse augmente en présence de nappes profondes. Le paramètre (b') passe de la zone de nappes superficielles à celle de nappes profondes de - 2,7 à - 5,9 % / cm de profondeur (Annexe 2). Il apparaît que la chute des rendements devient rapide avec l'élévation du niveau de la croûte gypseuse en zones de nappes phréatiques profondes. Cela est dû vraisemblablement à l'effet du stress mécanique, associé à l'effet du stress salin et hydrique par déficit.

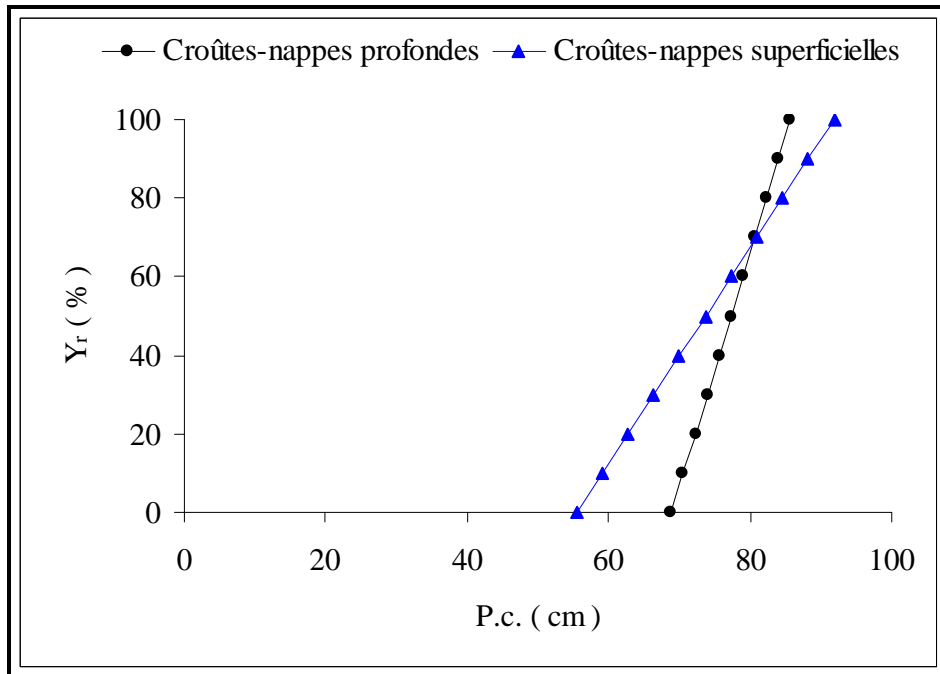


Figure VII 33. Chute des rendements relatifs en fonction de la profondeur de la croûte gypseuse

En zones de croûtes-nappes superficielles, l'étude montre que l'intensité de chute des rendements relatifs (b') en fonction de la profondeur des croûtes est légèrement supérieure à celle des nappes phréatiques. Le paramètre (b') est respectivement - 2,7 et - 2,1 % / cm de profondeur (Annexe 2). Il semble d'après notre modèle de chute de rendement dans ces zones que le palmier dattier peut atteindre un rendement de 100 % pour un niveau de nappe plus faible d'environ 1 m où le niveau de la nappe est au dessous de celui de la croûte. La chute des rendements augmente au fur et à mesure que le niveau de la nappe s'élève au dessus du niveau de la croûte gypseuse (Fig. VII 34). Cela montre que tant que la croûte gypseuse

constitue un obstacle pour l'ascension des eaux phréatiques, les rendements restent supérieurs à 50 %, à cause de la faiblesse du mouvement ascendant des sels à partir de la nappe. Dans le cas où la nappe passe au dessus de la croûte, cette situation se traduit par un effet de nappe plus prononcé sur la salinisation des sols et l'asphyxie racinaire, combinés à l'effet de croûte, la chute des rendements devient importante et tend vers 0 %.

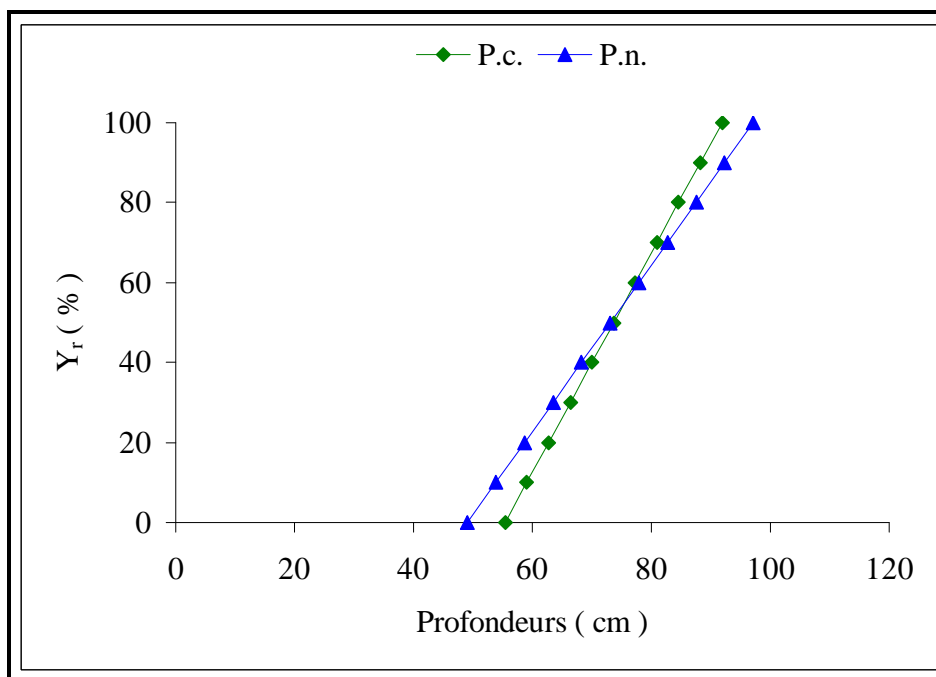


Figure VII 34. Impact de la profondeur de la croûte-nappe superficielle sur les rendements

2.2.4. Discussion

Les résultats des rendements ont été analysés par une évaluation des niveaux de rendements par rapport aux conditions hydro-édaphiques à Ouargla, et par une approche d'évaluation générale adaptée de la tolérance du palmier dattier aux conditions du milieu, basée sur l'étude de MAAS et HOFFMAN (1977). Les deux approches utilisées apportent des résultats similaires quant à l'effet des différentes contraintes environnementales sur le rendement du palmier dattier. L'étude des rendements permet de mettre significativement en évidence l'effet limitant des contraintes hydro-édaphiques, et aussi l'existence de différences entre les secteurs phœnicicoles, indépendamment des contraintes environnementales analysées.

L'étude des courbes enveloppant les niveaux maximums des rendements par rapport à l'influence spécifique des facteurs limitants apparaît comme une méthode plus appropriée pour la mise en évidence des effets propres à chaque facteur environnemental considéré. Elle a enregistré des seuils critiques de tolérance à la salinité dépassant le seuil idéal, reflétant la limite maximum enregistrée dans la population échantillonnée. Toutefois, l'intensité de chute

des rendements semble se justifier par rapport à la nature des stress et proche de ceux de nos modèles linéaires d'évaluation de la chute des rendements relatifs. Ces derniers sont basés sur la recherche d'un meilleur ajustement dans le nuage de points, nous permettant d'estimer les limites de tolérance moyenne des palmiers dattiers, âgé de 15-45 ans, aux contraintes hydro-édaphiques à Ouargla, à partir d'un seuil critique de tolérance à la salinité idéale.

Les chutes des rendements observées dans les palmeraies de nappes profondes sont moins importantes par rapport à celles de nappes superficielles. Car, la salinisation des sols par les eaux d'irrigation dans les zones de nappes profondes est accentuée dans les zones de nappes superficielles par la salinité des eaux phréatiques et par l'engorgement des sols en eau. Cette argumentation est appuyée par les résultats d'autres travaux de recherches sur la relation entre le milieu hydro-halomorphe et les palmiers dattiers. Le contact des racines du palmier dattier avec des eaux phréatiques très salées, provoque la chute des rendements ; le drainage devient dans ces conditions primordial (WEEKS, 1957). Dans la région de Abadan Island en Iran, le niveau élevé de la nappe phréatique augmente la salinité des sols et diminue leur aération. Ces problèmes ont un effet négatif sur la croissance et la production dattière. Le rendement passe de 75 kg dattes.palmier⁻¹ dans les zones bien drainées à 5 kg dattes.palmier⁻¹ dans les sols très salés, où le niveau des eaux phréatiques est proche de la surface du sol (FURR, 1975). En Coachella Valley, le niveau de la nappe élevée, de 1,8 m de profondeur a entraîné une accumulation de sels et la réduction des rendements des palmiers dattiers (NIXON et CARPENTER, 1978). Les études à Oued Righ, région avoisinant la cuvette de Ouargla montrent que la salinisation produit un jaunissement des palmes. Ce mauvais état végétatif s'accompagne d'une floraison défailante et d'une production moyenne insignifiante, de l'ordre de 2 à 3 kg dattes.palmier⁻¹ dans la région de Sidi Mahdi (DUBOST et al., 1983).

MAAS et HOFFMAN (1977), avancent un seuil de salinité du sol mesurée sur un extrait de pâte saturée (C.E._e) de 4 dS.m⁻¹ à partir duquel le rendement du palmier dattier est affecté, et une réduction du rendement de 50 % pour une salinité de 18 dS.m⁻¹. Cependant, nos modèles linéaires donnent une salinité d'extrait 1:5 (C.E._{e1:5}) pour une même réduction, comprise entre 4,1 et 10,1 dS.m⁻¹ selon les zones hydro-édaphiques étudiées. Ces résultats sont difficilement comparables en raison du taux de dilution très sensiblement différents entre un rapport sol:solution de 1:5 et celui d'une pâte saturée. De plus, les sols de la cuvette de Ouargla sont susceptibles de contenir du gypse dont la dissolution va influencer la conductivité électrique de l'extrait (solubilité du gypse proche de 2 g.l⁻¹ ou 3 dS.m⁻¹). Les ordres de grandeur apparaissent toutefois cohérents et les modèles proposés sont capables de prédire la chute des rendements dans les zones hydro-édaphiques de la cuvette de Ouargla.

En zones de nappes profondes, la tolérance du palmier dattier aux conditions hydro-édaphiques existantes est élevée, et l'intensité de chute des rendements relatifs semble faible par rapport aux autres zones étudiées. Les rendements pondéraux moyens enregistrés semblent faibles par rapport aux autres zones d'études, à cause probablement de leurs liens étroits avec la conduite culturale traditionnelle, notamment la gestion non contrôlée de l'irrigation. Cette dernière nous laisse soupçonner une déficience d'irrigation, jumelée avec l'absence d'une fertilisation minérale, qui augmente l'effet du stress salin et aggrave la carence minérale. Cette situation se traduit par une faiblesse des rendements.

La croûte gypseuse constitue un obstacle mécanique pour l'enracinement du palmier dattier et diminue considérablement les rendements en zones de nappes profondes au fur et à mesure que cet obstacle se rapproche de la surface du sol. En parallèle du stress mécanique produit, l'absorption de l'eau est limitée à la zone d'exploitation racinaire, produisant ainsi un déficit hydrique en conditions de mauvaise gestion de l'irrigation, et se traduisant par une chute des rendements. Cependant, on remarque qu'en présence de croûtes associées à une nappe phréatique superficielle, la tolérance du palmier dattier à la salinité augmente. Car, la résistance de la croûte à la pénétration racinaire devient probablement faible à cause de l'humidité. En plus, la nappe constitue un apport supplémentaire en eau et en éléments minéraux (MONCIERO, 1954), en plus des apports par les eaux d'irrigation.

Le niveau de la nappe recommandé pour les palmeraies américaines doit être maintenu entre 2,1 à 2,4 m pour éviter la chute des rendements (NIXON et CARPENTER, 1978). Les résultats de notre recherche recommandent une profondeur de nappe phréatique d'environ 1,3 m pour assurer un rendement relatif de 100 % en l'absence de croûtes gypseuses. Cette estimation avoisine le niveau recommandé par DUBOST (1991), variant entre 1,3 et 1,5 m de profondeur. La salinité maximum des eaux phréatiques superficielles en l'absence de croûtes gypseuses, tolérées par le palmier dattier, est estimée par notre étude à $32,3 \text{ dS.m}^{-1}$, est similaire à la salinité maximum tolérée en extrait de pâte saturée, $C.E._e = 32 \text{ dS.m}^{-1}$ (MAAS et HOFFMAN, 1977). Cela montre que l'effet de la salinité de la solution du sol à saturation est similaire à celui de la salinité des eaux phréatiques.

L'étude montre que la combinaison de l'effet des eaux phréatiques et des croûtes gypseuses nous donne un rendement de 100 % pour un niveau de nappe plus élevé, proche de 1 m et au dessous du niveau de la croûte gypseuse. Tant que celle-ci se trouve dans cette position, les rendements restent supérieurs à 50 %, à cause de la faiblesse de la remontée capillaire des sels et de l'engorgement des sols. Les rendements passent sous cette barre, au fur et à mesure que la nappe passe au dessus de la croûte, et la différence de niveau entre-eux

s'accroît. La remontée capillaire des sels et l'asphyxie racinaire deviennent plus prononcés.

Le déficit de rendement calculé n'est finalement dépendant que de l'effet des conditions hydro-édaphiques, on peut alors s'interroger sur la nature et l'origine des facteurs qui limitent effectivement les performances des secteurs phœnicicoles. Il pourra s'agir d'autres facteurs environnementaux, conditionnant la fertilité du milieu qui n'auraient pas été intégrés dans le cadre de cette étude. Il pourra aussi s'agir de l'influence des pratiques paysannes et d'un savoir-faire local pour la conduite des palmeraies. Il pourra s'agir enfin de déterminants socio-économiques susceptibles d'expliquer les différences observées. En tout état de cause, des investigations restent nécessaires pour identifier l'ensemble des déterminants de la production de dattes de la cuvette de Ouargla.

3. Conclusion

Les résultats de l'étude des secteurs phœnicicoles de la cuvette de Ouargla montrent une dégradation de son environnement hydro-édaphique, notamment une halomorphie d'irrigation ou associée à des obstacles mécaniques de croûtes gypso-salines à gypso-calcaires-salines en nappes profondes, et une hydro-halomorphie de nappes superficielles ou associée à des obstacles mécaniques de croûtes. L'étude montre également que la formation et le niveau de ces dernières sont liés à la fluctuation des nappes phréatiques. Les eaux d'irrigation et les eaux phréatiques deviennent nettement de plus en plus salées au fur à mesure qu'on se déplace vers l'Est de la cuvette de Ouargla, parallèlement à l'approfondissement des nappes phréatiques et des croûtes gypseuses.

Les sols de l'oasis de Ouargla sont de prédominance sableuse, présentant des degrés de salinités variables dus aux contraintes hydro-mécaniques, et probablement à la conduite culturale et la gestion de l'irrigation-drainage. La salinité des sols de nappes profondes est inférieure à celle des sols de nappes superficielles. Certaines palmeraies souffrent de problèmes de remontée des nappes, à cause de la mauvaise gestion de l'irrigation et du drainage. La salinité dans les sols de croûtes-nappes profondes est supérieure à celle des sols sans croûtes. Il semble que les croûtes diminuent l'infiltration des eaux d'irrigation salées, et la remontée capillaire des eaux par évaporation, augmentant l'accumulation des sels à la surface des sols. En l'absence de croûtes, la salinisation est conditionnée par la gestion de l'irrigation. Elle est réduite dans les palmeraies si les apports d'eau assurent une bonne lixiviation des sels dans les profils de sols. La salinité des sols sans croûtes, en nappes superficielles, est supérieure à celle des croûtes. L'absence de cet obstacle mécanique favorise l'accumulation ascendante des sels avec la remontée des nappes phréatiques, en plus des apports en sels des eaux d'irrigation. La présence et l'approfondissement des croûtes réduisent

les apports de sels de nappes et favorisent l'accumulation de ceux d'irrigation.

Les conditions hydro-halomorphes à Ouargla la protègent probablement de la maladie du Bayoud. Toutefois, les contraintes hydro-édaphiques précitées constituent également des facteurs de stress pour des palmiers dattiers Déglet Nour qui limitent sévèrement son enracinement par des obstacles hydro-mécaniques, de types croûtes-nappes profondes, croûtes-nappes superficielles et nappes superficielles. Les racines du palmier dattier pénètrent difficilement les croûtes à cause de leur résistance mécanique, et la remontée de la nappe phréatique augmente la salinisation des sols, appauvrissant la zone racinaire en oxygène, produisant l'asphyxie et la pourriture racinaire. Les stress hydro-salin et mécanique sont susceptibles de produire la sécheresse physiologique, la toxicité spécifique et des troubles de nutrition minérale, aboutissant dans l'ensemble à la réduction de la croissance des palmiers dattiers, notamment racinaire. Les racines face aux obstacles hydro-mécaniques tendent à devenir superficielles et à se prolonger latéralement pour compenser le déficit de croissance verticale. Il semble que simultanément à l'effet de salinisation des sols par la remontée des eaux phréatiques, l'enracinement des palmiers dattiers devient superficiel et augmente la concentration des sels dans les sols par son pouvoir d'absorption racinaire élevé.

La dégradation de l'environnement hydro-édaphique de Ouargla produit une réduction du potentiel nutritif des palmiers dattiers Déglet Nour, exprimé par les niveaux de rendements en dattes. Les rendements atteignent leur maximum en palmeraies de nappes profondes et diminuent avec la remontée des nappes phréatiques, qui limite l'enracinement et créé un stress hydro-salin. Le stress mécanique des croûtes augmente avec l'élévation de celles-ci, limitant l'enracinement, produisant un stress salin et faisant baisser les rendements. Le niveau maximum de ces derniers est plus élevé par rapport à ceux de nappes superficielles.

L'étude de l'évolution des rendements maximums déterminée par les courbes de tendance et d'enveloppes nous a permis de préciser le seuil critique de tolérance des palmiers dattiers Déglet Nour à la salinité des sols, à partir duquel les rendements maximums commencent à chuter et l'intensité de chute. Les seuils critiques dépassant ceux souhaités au niveau des palmeraies, reflétant la limite maximum enregistrée dans la population échantillonnée. Au-dessous de ces seuils, le palmier dattier présente le meilleur potentiel nutritif lui permettant un rendement optimum, conditionné par l'âge de plantation, les stress hydro-halomorphes de nappes et mécaniques de croûtes gypseuses, et d'autres paramètres agronomiques, comme la conduite culturale, particulièrement les amendements organiques et la gestion de l'irrigation-drainage. Toutefois, l'intensité de chute des rendements semble se justifier par rapport à la nature des stress.

Ces approches d'études montrent que le seuil de tolérance à la salinité augmente en passant des zones de nappes profondes vers celles de croûtes-nappes superficielles, de croûtes-nappes profondes et de nappes superficielles. En zones de nappes profondes, conditionnées par l'irrigation, le seuil de tolérance à la salinité et l'intensité de chute des rendements sont les plus faibles. Le seuil de tolérance augmente en présence de la croûte gypseuse qui permet une bonne alimentation hydrique des palmiers dattiers. Toutefois, l'intensité de chute des rendements dépasse celle de toutes les autres zones hydro-édaphiques, suite aux stress mécaniques et salins des croûtes où le faciès chimique des sels accumulés semble apparemment toxique, réduisant le potentiel nutritif des palmiers dattiers.

La tolérance à la salinité augmente en zones de nappes superficielles, dépassant celles des autres zones hydro-édaphiques, et diminue si celles-ci renferment des croûtes. Les apports en eau ascendants permettent de satisfaire les besoins en eau des palmiers et de maintenir un niveau élevé de rendement inférieur à celui en nappes profondes, jusqu'à un seuil critique du stress salin, diminuant en présence de croûtes où la compacité limite l'infiltration des eaux d'irrigation, l'enracinement et favorise le stress hydrique par excès.

Les modèles linéaires réalisés pour Ouargla expriment les effets des stress hydro-édaphiques sur la chute des rendements moyens des palmiers dattiers adultes Déglet Nour, à partir d'un seuil critique de tolérance idéale, existant en bonnes conditions d'irrigation-drainage. Ils montrent des intensités de chutes de rendements relatifs par rapport à la salinisation des sols proche à celles des études de rendements maximums, et confirment ainsi les causes antérieures annoncées. La diminution de ces intensités exprime une augmentation de tolérance à la salinité, en passant des zones de croûtes-nappes profondes vers celles de croûtes-nappes superficielles, de nappes superficielles et de nappes profondes. En dépit de cela, les rendements pondéraux moyens équivalent aux rendements relatifs maximums semblent se rapprocher en zones de nappes profondes de ceux de nappes superficielles, et plus faibles par rapport à ceux des autres zones. Il est probable que les effets néfastes du stress salin sur les rendements sont accentués par un stress hydrique par déficience en nappes profondes et par excès en nappes superficielle, dus à la mauvaise gestion de l'irrigation-drainage, et par une carence minérale, en l'absence de fertilisation en conduite culturale traditionnelle à Ouargla.

La tolérance aux stress salins des sols, des eaux d'irrigation, des eaux phréatiques superficielles et à l'engorgement par ces dernières diminue en présence de stress mécanique de croûtes. Les effets du stress salin de sols en nappes profondes sont plus importants par rapport à ceux des eaux d'irrigation, à cause d'un déficit hydrique probable lié à l'irrigation,

accentuant le stress salins des sols. Les apports en eau et en sels des nappes phréatiques superficielles et la lixiviation limitée par les croûtes accentuent les effets du stress salin des sols, des eaux d'irrigation et hydro-salin des nappes superficielles sur le palmier dattier. Le stress mécanique de croûtes accentue également l'effet du stress hydro-salin des eaux phréatiques produites par la remontée des nappes. Toutefois, la tolérance des palmiers dattiers au stress mécanique produite par l'élévation des croûtes dans les profils des sols augmente en présence de nappes superficielle, à cause probablement des apports ascendants de celle-ci en nutriments et en eau, qui diminuent la résistance mécanique des croûtes à la pénétration racinaire. Cette tolérance diminue en zones de nappes phréatiques profondes où le rabattement des nappes limite les apports d'eau, et les besoins des palmiers dattiers deviennent conditionnés par la gestion de l'irrigation, ce qui les soumet probablement à un stress hydrique et salin par déficit d'irrigation, aggravant l'effet du stress mécanique des croûtes.

L'étude montre également qu'en zones de croûtes-nappes superficielles, les palmiers dattiers peuvent assurer plus de la moitié des rendements relatifs tant que le niveau des nappes est situé au-dessous de celui des croûtes gypseuses. En cas inverse, la submersion de la zone racinaire au cours de la remontée des eaux phréatiques et des croûtes, soumet celle-ci à un stress hydro-salin grave, engendrant l'arrêt de la production dattière.

Ces résultats restent préliminaires à la deuxième partie de l'étude, où on essaiera d'approfondir cette dernière sur l'enracinement des palmiers dattiers et estimer le degré de sa résistance aux stress hydro-salins et mécaniques. Ils montrent visiblement que les palmiers dattiers Déglet Nour à Ouargla ont une tolérance aux stress hydro-édaphiques variables avec l'effet de ces derniers sur l'enracinement et le potentiel nutritif, exprimé par la productivité des palmiers dattiers, et conditionné par les autres facteurs agronomiques de production et socio-économiques.

Chapitre VIII. Impact des stress hydro-édaphiques sur l'enracinement

L'étude morphologique et analytique de 25 profils de sols de palmiers dattiers de même âge de plantation, et celle de 20 profils de sols de palmiers dattiers d'âges de plantations différents, nous a permis de constater une variabilité des caractéristiques morpho-analytiques des sols et de l'enracinement des palmiers dattiers.

Les milieux hydro-édaphiques changent principalement avec le niveau de la nappe phréatique et la morphologie des accumulations gypso-calcaires dans les profils. La compacité de ces derniers augmente avec l'importance de ces accumulations. L'étude de ces milieux consiste à une hiérarchisation morpho-analytique des profils des sols et une caractérisation de l'enracinement par rapport aux âges des palmiers dattiers et aux contraintes hydro-édaphiques, principalement les accumulations gypso-salines et les nappes phréatiques.

1. Etude de l'environnement hydro-édaphique

Les mesures effectuées dans les profils d'enracinement des palmiers dattiers de même âge de plantation à l'université de Ouargla, et dans les profils d'enracinement des palmiers dattiers d'âges de plantations différents à Hassi Ben Abdallah, Ain El-Beïda, au Chott et à Mékhadma, montrent une variabilité au niveau des (Tabl. VIII 1 et 2) :

1. nappes phréatiques : leurs profondeurs (P.n.) et leurs propriétés physico-chimiques de salinité (C.E.n), Résidus sec (R.s.n) et pH_n ,
2. propriétés physico-chimiques des eaux d'irrigation de salinité (C.E.i) et de pH_i ,
3. propriétés morpho-analytiques des sols notamment : la profondeur des croûtes gypso-calcaires (P.c.), la teneur en gypse ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), en calcaire ($CaCO_3$) et en humidité (H), la densité apparente et les propriétés physico-chimiques de salinité (C.E.e1:5) et de $pH_{e1:5}$.

Il ressort que l'environnement hydro-édaphique à Hassi Ben Abdallah, au versant de la cuvette de Ouargla, est moins dégradé et est caractérisé par une salinité des eaux d'irrigation et des sols pauvres en sels solubles et peu solubles, une nappe phréatique profonde, l'absence d'obstacles de croûtes gypseuses et un sol moins humide. Cependant, les autres palmeraies situées au fond de la cuvette de Ouargla sont plus dégradées et sont caractérisées par une salinité des eaux d'irrigation et des sols riches en sels solubles et peu solubles, une nappe phréatique profonde à superficielle, la présence d'obstacles de croûtes gypseuses et des sols plus humides.

Tableau VIII 1. Caractéristiques hydro-édaphiques moyennes des profils d'enracinement des palmiers dattiers de même âge de plantation

Stations	Demi-secteurs	N° des Profils	CE _i (dS.m ⁻¹)	pH _i	P.n. (cm)	CE _n (dS.m ⁻¹)	R.s.n (g.l ⁻¹)	pH _n	P.c. (cm)	pH _{e1:5}	C.E.e1:5 (dS.m ⁻¹)	CaCO ₃	CaSO ₄ .2H ₂ O	H (%)	Da (g.cm ⁻³)
Exploitation de l'université de Ouargla	A1	1	4,85	7,45	> 300	-	-	-	-	7,56	2,88	16,95	14,69	13,17	1,25
		2	4,85	7,45	247	4,49	7,20	8,03	-	7,37	2,36	10,96	22,42	12,69	1,34
		3	4,85	7,45	237	15,72	12,60	7,76	-	7,36	2,35	12,15	21,37	21,99	1,34
		4	4,85	7,45	225	15,72	12,80	7,98	68	7,21	5,61	6,31	44,41	21,50	1,30
		5	4,85	7,45	223	13,48	14,20	7,83	64	7,17	5,68	4,43	53,04	22,14	1,36
	A2	1	3,62	7,48	235	22,46	18,60	8,08	74	7,06	4,12	3,64	46,58	15,96	1,35
		2	3,62	7,48	> 300	-	-	-	90	7,24	3,42	10,88	34,82	13,94	1,35
		3	3,62	7,48	> 300	-	-	-	95	7,17	4,15	7,58	50,51	17,28	1,38
		4	3,62	7,48	> 300	-	-	-	88	7,33	3,40	13,23	29,70	15,98	1,40
		5	3,62	7,48	> 300	-	-	-	92	7,46	2,50	13,21	26,06	19,18	1,37
	B1	1	3,62	7,48	> 300	-	-	-	80	7,33	4,95	10,00	29,16	13,84	1,39
		2	3,62	7,48	> 300	-	-	-	54	7,36	3,62	12,56	25,72	9,68	1,46
		3	3,62	7,48	> 300	-	-	-	-	7,68	3,01	19,94	12,14	9,84	1,36
		4	3,62	7,48	> 300	-	-	-	-	7,50	2,25	16,14	9,51	9,35	1,39
		5	3,62	7,48	> 300	-	-	-	53	7,40	2,31	14,35	23,91	7,81	1,43
	B2	1	3,62	7,48	> 300	-	-	-	55	7,07	2,48	10,58	19,19	8,22	1,48
		2	3,62	7,48	> 300	-	-	-	80	7,19	2,29	11,28	19,22	8,35	1,41
		3	3,62	7,48	> 300	-	-	-	66	7,12	2,79	8,99	39,77	7,43	1,43
		4	3,62	7,48	> 300	-	-	-	61	6,99	2,80	10,63	18,17	10,68	1,46
		5	3,62	7,48	> 300	-	-	-	61	7,06	2,42	6,09	33,22	5,02	1,45
	C1	1	3,62	7,48	220	25,83	21,00	8,11	66	6,99	4,16	2,06	53,32	18,59	1,38
		2	3,62	7,48	224	23,58	19,20	8,00	69	7,01	3,82	2,32	56,68	23,26	1,39
		3	3,62	7,48	225	15,72	13,00	7,79	70	7,06	4,08	2,59	43,52	19,30	1,33
		4	3,62	7,48	230	12,35	10,40	8,00	77	7,03	4,70	2,48	49,36	21,91	1,38
		5	3,62	7,48	232	15,72	12,80	8,09	76	7,10	4,22	3,20	37,90	19,27	1,38

Tableau VIII 2. Caractéristiques hydro-édaphiques moyennes des profils d'enracinement des palmiers dattiers d'âges de plantations différents

Stations	N° des Profils	CE _i (dS.m ⁻¹)	pH _i	P.n. (cm)	CE _n (dS.m ⁻¹)	R.S. _n (g.l ⁻¹)	pH _n	P.c. (cm)	pH _{e1:5}	C.E. _{e1:5} (dS.m ⁻¹)	CaCO ₃	CaSO ₄ .2H ₂ O	H (%)	Da (g.cm ⁻³)
Exploitation de Hassi Ben Abdallah	1	2,3	8,05	> 300	-	-	-	-	7,31	1,25	4,73	1,93	5,64	1,42
	2	2,3	8,05	> 300	-	-	-	-	7,07	0,96	2,78	2,93	7,72	1,40
	3	2,3	8,05	> 300	-	-	-	-	7,29	1,19	5,89	1,62	8,74	1,42
	4	2,3	8,05	> 300	-	-	-	-	7,19	1,14	4,69	2,67	7,19	1,48
	5	2,3	8,05	> 300	-	-	-	-	7,15	1,05	3,25	2,71	6,08	1,43
Exploitation de Ain El-Beïda	1	6,42	7,66	62	9,28	8,04	7,30	-	6,98	3,13	0,57	10,21	25,50	1,43
	2	6,42	7,66	61,1	9,57	8,81	7,31	-	6,99	3,12	0,52	10,45	26,33	1,43
	3	6,42	7,66	59,8	11,49	8,64	7,43	-	6,93	3,24	0,49	10,01	23,55	1,46
	4	6,42	7,66	63,7	9,25	7,13	7,28	-	6,96	3,20	0,63	11,34	29,12	1,43
	5	6,42	7,66	60,4	10,60	10,86	7,37	-	6,93	3,27	0,32	12,94	27,72	1,44
Exploitation du Chott	1	5,85	7,44	26,5	18,84	16,97	7,59	-	7,07	3,02	1,52	22,06	25,15	1,41
	2	5,85	7,44	19,7	20,90	21,73	7,69	-	7,03	3,06	1,17	23,90	23,60	1,42
	3	5,85	7,44	46,2	15,86	14,87	7,55	-	6,97	3,12	0,78	32,85	22,84	1,44
	4	5,85	7,44	37,4	17,25	17,71	7,58	-	7,07	3,15	1,12	26,22	29,57	1,42
	5	5,85	7,44	28	20,31	22,23	7,61	-	7,03	3,24	1,21	26,47	23,15	1,42
Exploitation de Mékhadma	1	5,1	7,32	76,1	9,49	10,20	7,40	83	7,10	3,46	1,66	32,92	27,29	1,42
	2	5,1	7,32	71,9	9,58	11,40	7,46	78	7,07	3,34	1,04	36,83	28,75	1,41
	3	5,1	7,32	77,6	12,27	11,91	7,48	82	7,10	3,42	1,64	38,03	29,34	1,46
	4	5,1	7,32	81,9	6,69	7,40	7,39	90	7,09	3,37	1,63	33,86	36,69	1,39
	5	5,1	7,32	69	13,31	12,80	7,48	72	7,10	3,42	1,55	31,95	32,66	1,46

1.1. Description morphologique des sols

L'étude expérimentale des profils des sols nous a amené à constater que les profils sont de couleurs variables, de types Yellow Red (YR), pauvres en matière organique et de texture grossière, entre sableuse à limono-sableuse, plus ou moins riches en éléments grossiers. La structure des sols est variable, de fragmentaire à massive, de compacité et de cimentation variables, selon les niveaux d'accumulations en sels peu solubles dans les profils. Cela constitue des obstacles mécaniques de résistance variable pour la pénétration racinaire des palmiers dattiers. Les niveaux d'accumulations gypseuses et calcaires dans les horizons sont de formes :

1. Réduites : diffuses (D), cristaux gypseux (S), amas (A), amas-cristaux (As),
2. Encroûtements : encroûtements (E), encroûtements-cristaux (Es),
3. Croûtes : croûtes (C), croûtes-cristaux (Cs).

Ces formes d'accumulations se succèdent dans les profils par rapport à leur prédominance dans les horizons. Nous avons recensé quatre morphologies d'accumulations dans les profils : réduites (R), réduites-encroûtements (RE), réduites-encroûtements-croûtes (REC) et réduites-croûtes (RC).

Nous avons subdivisé ces profils d'accumulations en plusieurs types de profils en fonction de leurs caractéristiques qui constituent des milieux de plus en plus stressants aux palmiers dattiers par rapport aux formes et aux natures des accumulations dans les horizons et aux niveaux des nappes phréatiques. Les contraintes édaphiques prises en considération sont de types mécaniques et physico-chimiques. Ils sont à priori la succession des formes d'accumulations dans les profils et leur richesse en gypse, calcaire, sels et aussi en éléments grossiers, de diamètres faibles, de types graviers et cailloux (g1), et de diamètres élevés, allant aux types pierres et blocs (g2). Nous avons subdivisé les profils en trois niveaux de nappes : profonds (dépassant 3 m de profondeur), moyen (variant entre 1,5 et 3 m de profondeur) et superficiel (inférieur à 1,5 m de profondeur).

Après l'étude des 45 profils de sols dans les cinq stations expérimentales, nous avons dénombré l'existence de 16 types de profils, dont (Tabl. VIII 3, Photo VIII 1) :

- Cinq profils d'accumulations réduites (R),
- Deux profils d'accumulations réduites-encroûtements (RE),
- Sept profils d'accumulations réduites-encroûtements-croûtes (REC),
- Un profil d'accumulations réduites-croûtes (RC).

Tableau VIII 3. Caractéristiques des types de profils d'accumulations dans la cuvette de Ouargla

Stations	Profils (P)	Nombres d'horizons	Accumulations dans les horizons		Niveaux de nappes	Types de profils
			successions des formes	Natures		
Hassi Ben Abdallah	P2 et 5	3	D-Dg ₁ -Dg ₁	salés et pauvres en sels peu solubles	Profond	R1
	P1, 3 et 4	3	D-Dg ₁ -Dg ₁	Calcaires salés	Profond	R2
Université de Ouargla demi-secteurs : A1, A2, B1, B2 et C1	A1P1	3	D-As-A	gypso-calcaire salés	Profond	R3
	B1P3 et 4	3	D-A-Eg ₂	gypso-calcaire salés	Profond	RE1
	A2P2, 3, 4 et 5	4	D-S-Es-C	gypso-calcaires salés	Profond	REC1
	B2P1, 2 et 4	4	D-Eg ₂ -C-Eg ₂	gypso-calcaire salés	Profond	REC2
	B2P3 et 5	3	D-Eg ₂ -C	gypso-calcaire salés	Profond	REC3
	B1P1, 2 et 5	3	A-Eg ₁ -Cg ₂	gypso-calcaires salés	Profond	REC4
	A1P2 et 3	3	D-As-Ag ₁	gypso-calcaire salés	Moyen	R4
	A2P1	4	D-S-E-Cs	gypso-calcaires salés	Moyen	REC5
	A1P4 et 5	3	A-E-Cs	gypso-calcaires salés	Moyen	REC6
	C1P1, 2, 3, 4 et 5	3	D-As-Cs	Gypseux salés	Moyen	RC1
Ain El-Beïda	P1, 2, 3, 4 et 5	3	D-D-D	Gypseux salés	Superficiel	R5
Chott	P1, 2, 3, 4 et 5	3	D-A-E	Gypseux salés	Superficiel	RE2
Mékhadma	P1, 2, 3, 4 et 5	3	D-Es-C	Gypseux salés	Superficiel	REC7

Formes d'accumulations : Diffuse (D), Amas (A), Encroûtements (E), Croûtes (C), Cristaux (S), Eléments grossiers de diamètres faibles (g₁) et de diamètres élevés (g₂).

Profils d'accumulations : réduites (R), réduites-encroûtements (RE), réduites-encroûtements-croûtes (REC) et réduits-croûtes (RC)

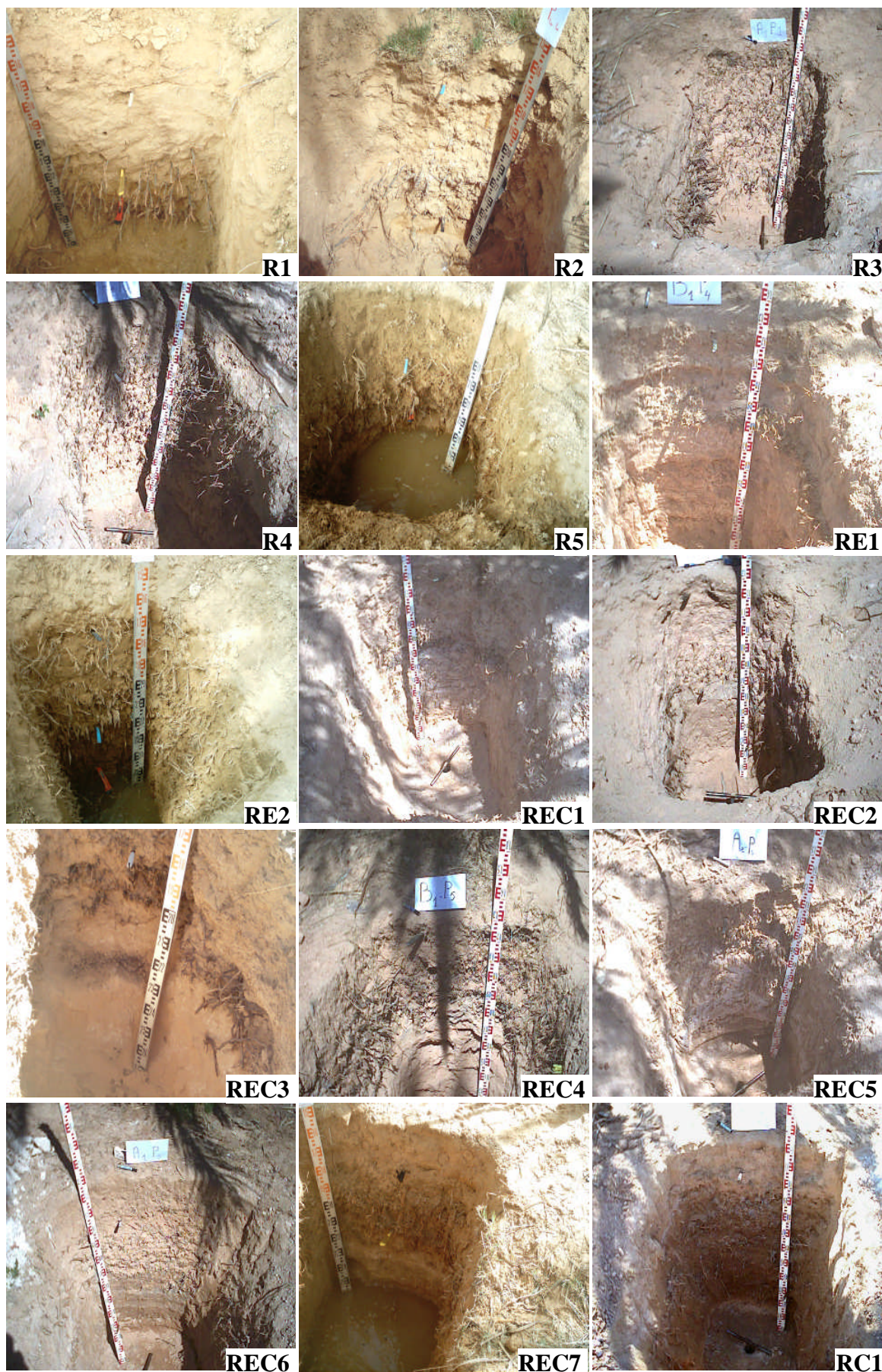


Photo VIII 1. Profils d'accumulations dans les stations expérimentales de Ouargla

1.1.1. Profils d'accumulations réduites

Les profils de formes d'accumulations réduites (R) en sels peu solubles ont été observés au fond de la cuvette de Ouargla et au versant de celle-ci. Ils sont caractérisés par des niveaux de nappes phréatiques variables, entre profonds et superficiels. Ils sont subdivisés en cinq types de profils de caractéristiques morpho-analytiques différents (Tabl. VIII 3, Annexe 3). Les accumulations dans les horizons sont de formes : diffuse (D), cristaux gypseux (S), amas (A), amas-cristaux (As), et de nature salée, entre pauvres en sels peu solubles, calcaires, gypso-calcaires et gypseux. Ils sont parfois riches en éléments grossiers, de diamètres faibles, de types graviers et cailloux (g1).

1.1.2. Profils d'accumulations réduites-encroûtements

Les profils de formes d'accumulations en sels peu solubles réduits-encroûtements (RE) ont été observés au fond de la cuvette de Ouargla. Ils sont caractérisés par des niveaux de nappes phréatiques, de type profonds et superficiels. Ils sont subdivisés en deux types de profils de caractéristiques morpho-analytiques différents (Tabl. VIII 3, Annexe 4). Les accumulations dans les horizons sont de formes : diffuse (D), amas (A) et encroûtement (E) et de nature salée, entre gypso-calcaires et gypseux. Ils sont parfois riches en éléments grossiers, de diamètres élevés, allant aux types pierres et blocs (g2).

1.1.3. Profils d'accumulations réduites-encroûtements-croûtes

Les profils de formes d'accumulations en sels peu solubles réduits-encroûtements-croûtes (REC) ont été observés au fond de la cuvette de Ouargla. Ils sont caractérisés par des niveaux de nappes phréatiques variables, entre profonds et superficiels. Ils sont subdivisés en sept types de profils de caractéristiques morpho-analytiques différents (Tabl. VIII 3, Annexe 5). Les accumulations dans les horizons sont de formes : diffuse (D), cristaux gypseux (S), amas (A), encroûtements (E), encroûtements-cristaux (Es), croûtes (C), croûtes-cristaux (Cs) et de nature salée, entre gypso-calcaires et gypseux. Ils peuvent être riches en éléments grossiers, de types g1 ou g2.

1.1.4. Profils d'accumulations réduites-croûtes

Les profils de formes d'accumulations en sels peu solubles réduits-croûtes (RC) ont été observés au fond de la cuvette de Ouargla, en zones de nappes phréatiques moyennement profondes. Nous avons constaté l'existence de un type de profil de caractéristiques morpho-analytiques particulières (Tabl. VIII 3, Annexe 6). Les accumulations dans les horizons sont de formes : diffuse (D), amas-cristaux (As) et croûtes-cristaux (Cs), et de nature gypso-saline, ne présentant pas d'éléments grossiers.

1.2. Description analytique des sols

Les analyses effectuées dans les horizons des profils d'accumulations (Annexe 7, 8, 9 et 10) : réduits (R), réduits-encroûtements (RE), réduits-encroûtements-croûtes (REC) et réduits-croûtes (REC) ont permis de constater une variabilité au niveau des caractéristiques chimiques (gypse et calcaire), physico-chimiques (salinité et pH) et physiques (compacité et humidité).

1.2.1. Caractéristiques chimiques

Les profils présentent des horizons pauvres à extrêmement gypseux. Leurs teneurs en gypse augmente avec l'importance des formes d'accumulations (Fig. VIII 1): R ($1,4 \% \leq \text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O} \leq 25,41 \%$), RE ($3,45 \% \leq \text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O} \leq 43,7 \%$), REC ($6,17 \% \leq \text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O} \leq 64,41 \%$) et RC ($32,24 \% \leq \text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O} \leq 64,92 \%$), et aussi avec l'élévation du niveau de la nappe phréatique au fond de la cuvette de Ouargla.

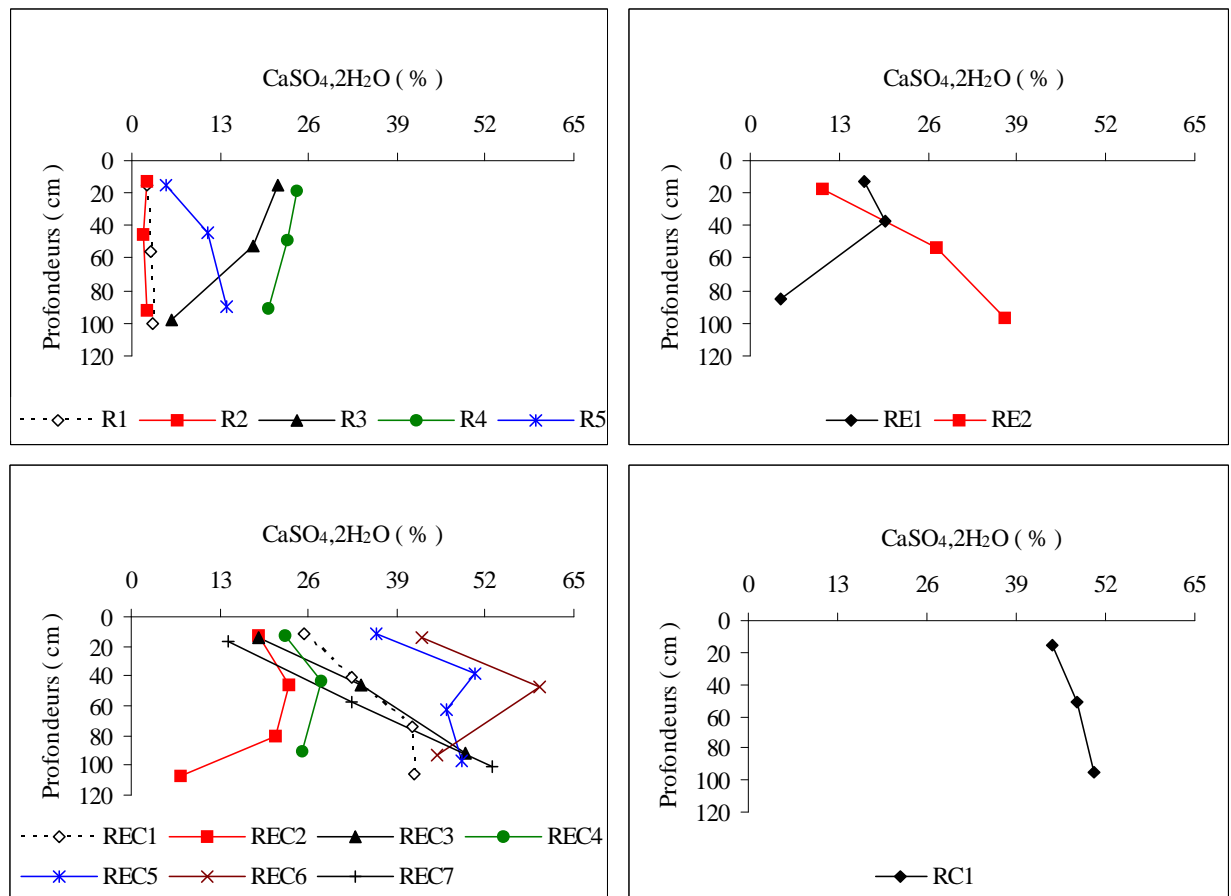


Figure VIII 1. Teneurs en gypse dans les sols des profils d'accumulations

Les profils d'accumulations présentent des horizons pauvres à fortement calcaires (Fig. VIII 2): R ($0,03 \% \leq \text{CaCO}_3 \leq 25,78 \%$), RE ($0,43 \% \leq \text{CaCO}_3 \leq 31,1 \%$), REC ($0,34 \% \leq \text{CaCO}_3 \leq 24,88 \%$) et RC ($1,76 \% \leq \text{CaCO}_3 \leq 3,85 \%$). Les teneurs élevées sont signalées dans les profils du fond de la cuvette de Ouargla. Elles sont inversement proportionnelles aux

teneurs en gypse dans les profils.

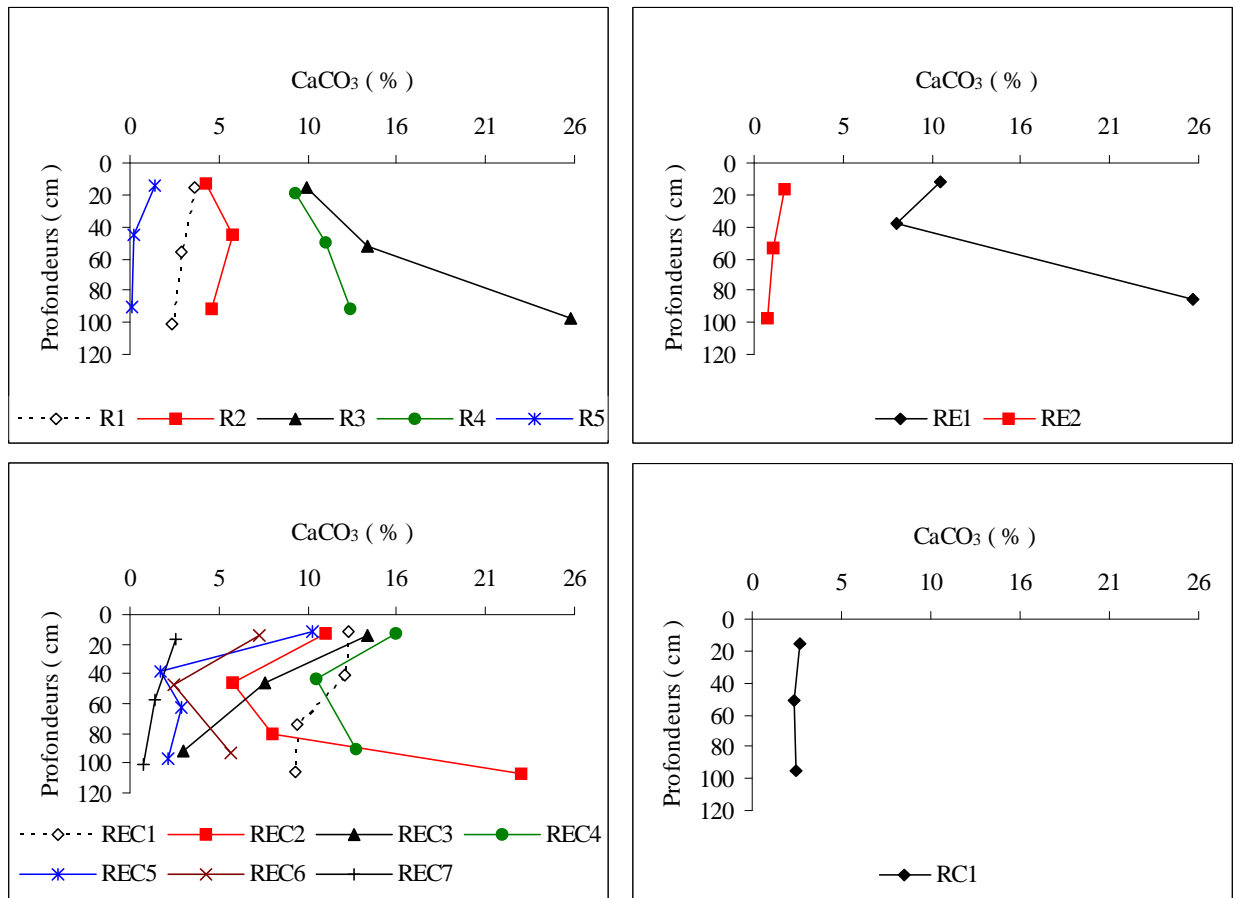


Figure VIII 2. Teneurs en calcaire dans les sols des profils d'accumulations

1.2.2. Caractéristiques physico-chimiques

Les profils d'accumulations présentent des horizons de salinités variables entre non salés à extrêmement salés (Fig. VIII 3): R ($0,38 \text{ dS.m}^{-1} \leq \text{C.E.}_{e1:5} \leq 3,33 \text{ dS.m}^{-1}$), RE ($1,6 \text{ dS.m}^{-1} \leq \text{C.E.}_{e1:5} \leq 6,35 \text{ dS.m}^{-1}$), REC ($0,9 \text{ dS.m}^{-1} \leq \text{C.E.}_{e1:5} \leq 8,55 \text{ dS.m}^{-1}$) et RC ($3,27 \text{ dS.m}^{-1} \leq \text{C.E.}_{e1:5} \leq 4,9 \text{ dS.m}^{-1}$). La salinité est élevée dans les profils du fond de la cuvette de Ouargla et faible au versant de celle-ci. Elle augmente avec le niveau des eaux phréatiques. Les sels ont tendance à s'accumuler en surface des sols par remontée capillaire à cause de l'évapotranspiration et à s'accumuler en profondeur des profils par l'effet lixiviant des eaux d'irrigation.

Les profils d'accumulations présentent des horizons de pH variable, entre légèrement alcalin à alcalin (Fig. VIII 3): R ($6,83 \leq \text{pH}_{e1:5} \leq 7,85$), RE ($6,93 \leq \text{pH}_{e1:5} \leq 7,88$), REC ($6,72 \leq \text{pH}_{e1:5} \leq 7,67$) et RC ($6,94 \leq \text{pH}_{e1:5} \leq 7,19$). Le pH augmente généralement avec les teneurs en calcaire dans les horizons.

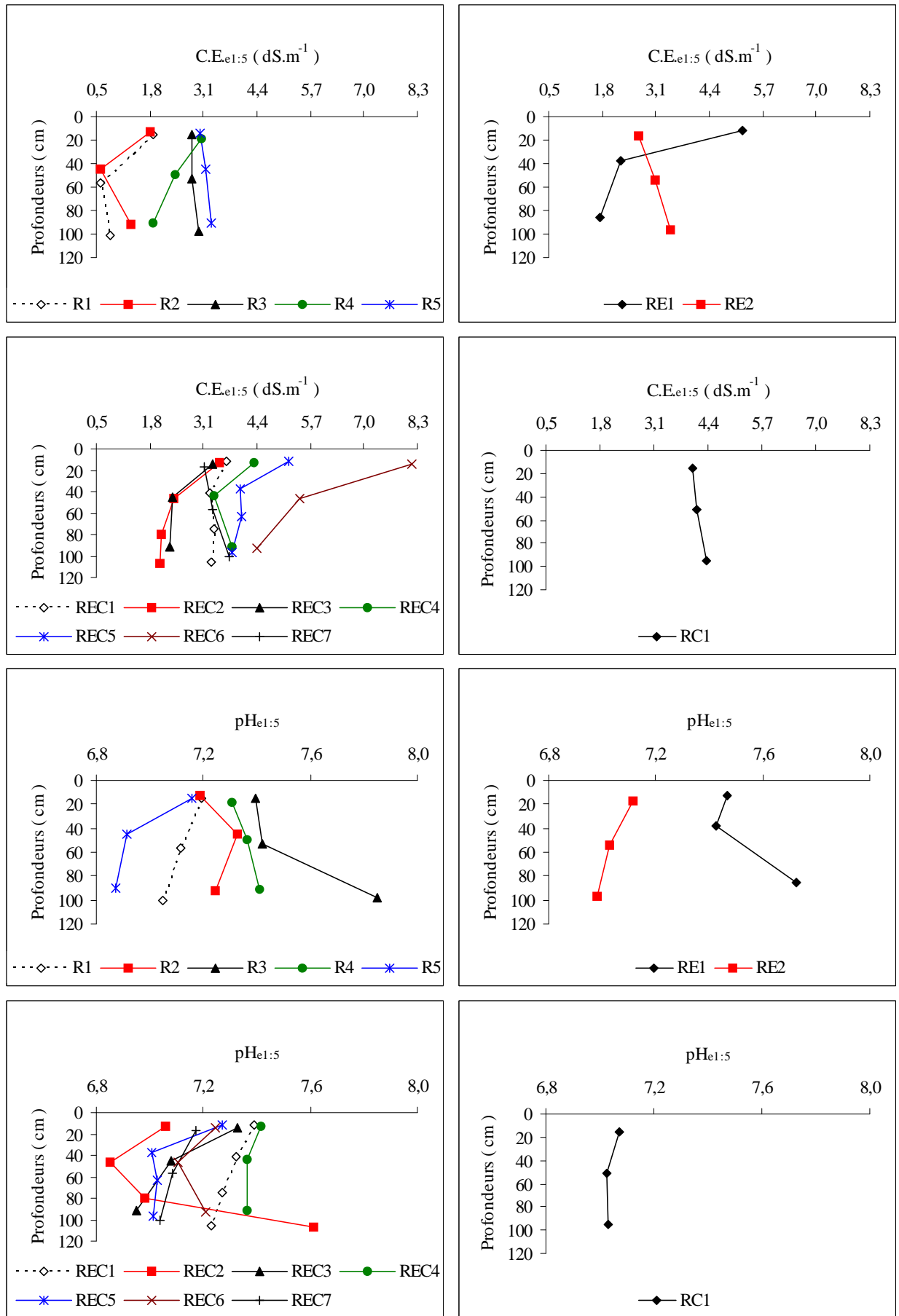


Figure VIII 3. Salinité et pH des sols dans les profils d'accumulations

1.2.3. Caractéristiques physiques

Les profils d'accumulations présentent des horizons avec une compacité variable. Elle augmente vers le bas des profils, avec l'importance des formes d'accumulations, notamment en présence d'encroûtements et de croûtes (Fig. VIII 4): R ($1,1 \text{ g.cm}^{-3} \leq Da \leq 1,49 \text{ g.cm}^{-3}$), RE ($1,17 \text{ g.cm}^{-3} \leq Da \leq 1,49 \text{ g.cm}^{-3}$), REC ($1 \text{ g.cm}^{-3} \leq Da \leq 1,63 \text{ g.cm}^{-3}$) et RC ($1,02 \text{ g.cm}^{-3} \leq Da \leq 1,55 \text{ g.cm}^{-3}$). La densité apparente augmente aussi avec la proportion des éléments grossiers dans les profils.

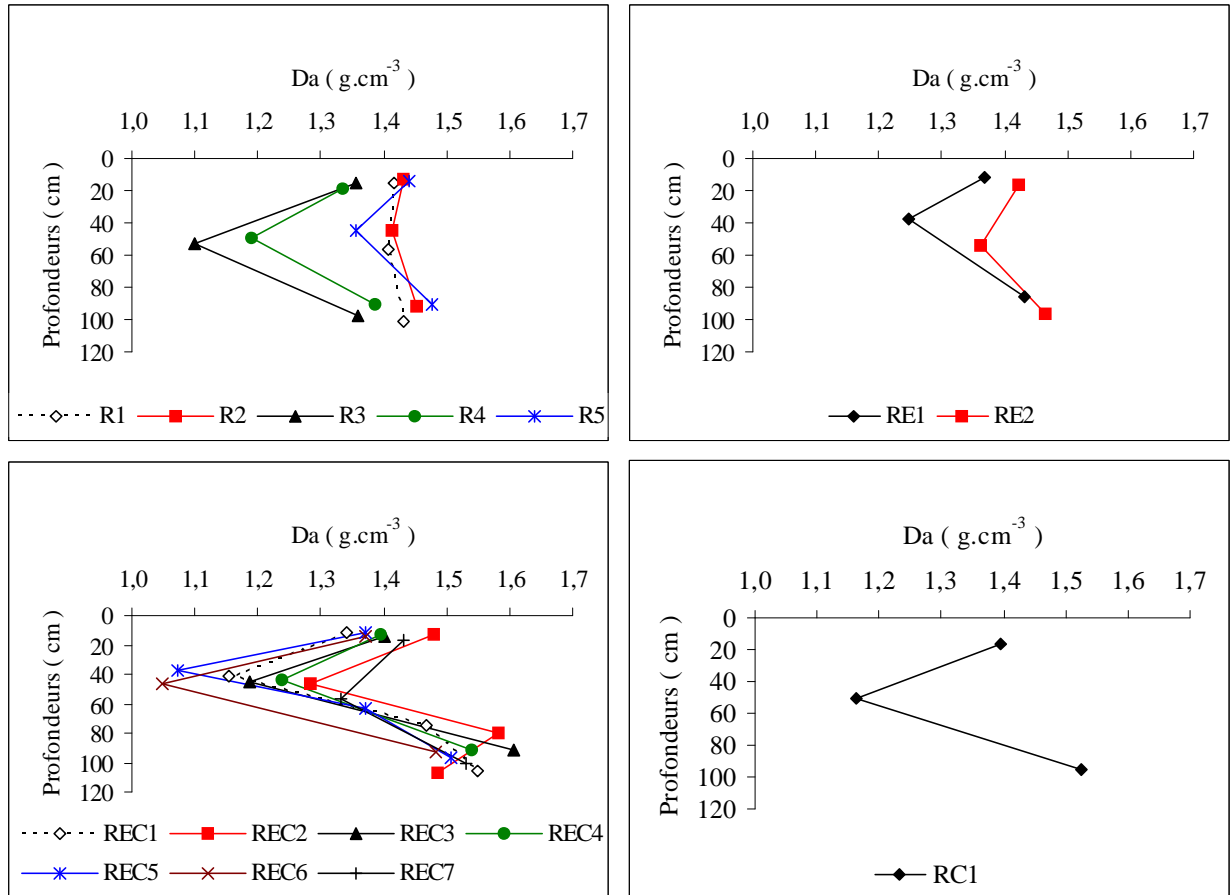


Figure VIII 4. Compacité des sols dans les profils d'accumulations

Les profils d'accumulations présentent des horizons avec une humidité variable (Fig. VIII 5): R ($3,91 \% \leq H \leq 31,68 \%$), RE ($4,23 \% \leq H \leq 31,65 \%$), REC ($3,03 \% \leq H \leq 45,73 \%$) et RC ($6,43 \% \leq H \leq 30,7 \%$). Elle augmente au fur et à mesure qu'on se rapproche du niveau de la nappe phréatique, et les sols deviennent saturés en eau en contact de celle-ci, au fond de la cuvette. L'humidité est faible au versant de cette dernière, à Hassi Ben Abdallah où l'humidité de leurs sols grossiers est fonction seulement de l'irrigation, car la nappe phréatique est profonde.

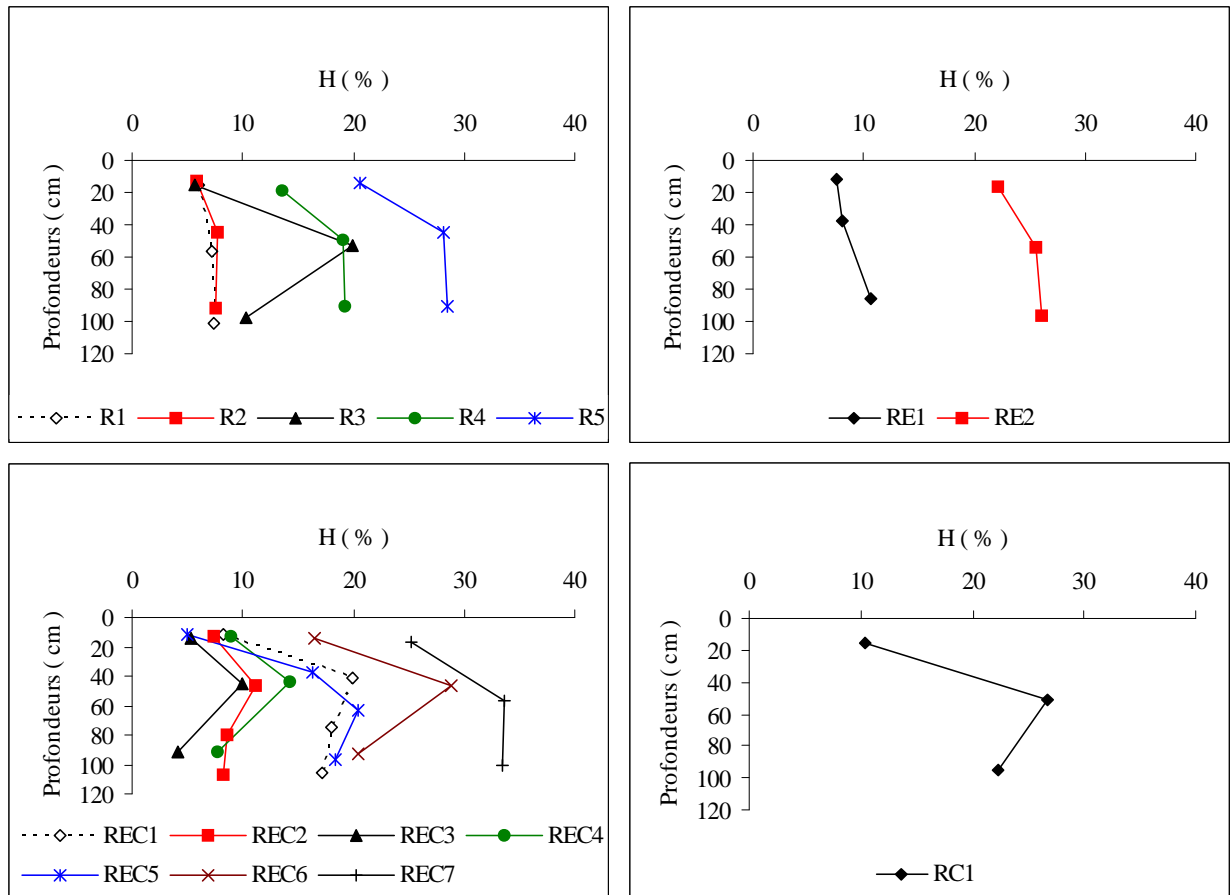


Figure VIII 5. Humidité des sols dans les profils d'accumulations

1.3. Discussion

Nous avons constaté de nos résultats d'étude des profils que les formes d'accumulations en sels peu solubles sont variables dans la cuvette de Ouargla, chose démontrée par d'autres études dans cette région (DUTIL, 1971 ; HAMDI-AÏSSA, 2001). Les formes importantes d'accumulations gypso-calcaires à gypseuses, de types encroûtements et croûtes sont présentes au fond de la cuvette, avec un niveau élevé de nappe phréatique. Cependant, au versant Est de la cuvette, à Hassi Ben Abdallah, et est caractérisé par une nappe phréatique plus profonde et de faibles accumulations en sels peu solubles, de types réduites. La variabilité des formes d'accumulations et des niveaux de nappe phréatiques constituent des obstacles hydro-mécaniques, d'intensité variable pour l'enracinement des palmiers dattiers, en plus des taux d'éléments grossiers existant dans les profils, de types graviers jusqu'aux blocs. L'étude de la nature chimique des accumulations dans les sols montre une prédominance du gypse en zones de nappes superficielles, au fond de la cuvette de Ouargla. Le taux de gypse diminue avec l'augmentation de celui du calcaire, au fur et à mesure que le niveau de la nappe devient profond. L'élévation du taux de calcaire et du niveau de la nappe phréatique procure aux sols, respectivement un pH plus alcalin et une

salinité plus élevée. Les sels solubles sont sous l'influence de deux dynamiques de sels, la première ascendante, de remontée capillaire à cause de l'évapotranspiration, et la deuxième descendante, de lixiviation avec l'irrigation. Le rapport d'intensité entre les deux types de dynamiques de sels et l'importance des apports en sels par les eaux phréatiques et d'irrigation déterminent le degré d'accumulation des sels dans les sols. Ces dernières deviennent importantes au fond de la cuvette, avec l'élévation du niveau des eaux phréatiques chargées en sels.

2. Etude de l'enracinement

Les mesures effectuées sur l'enracinement des palmiers dattiers, de même âge de plantation à l'université de Ouargla, et sur l'enracinement des palmiers dattiers, d'âges de plantations différents à Hassi Ben Abdallah, Ain El-Beïda, Chott et à Mékhadma, montrent une variabilité au niveau des (Tabl. VIII 4) :

1. profils d'enracinement,
 - a. morphologies racinaires,
 - b. diamètres des racines fines (\varnothing_{r_f}), moyennes (\varnothing_{r_m}) et grossières (\varnothing_{r_g}) dans les profils d'enracinement,
 - c. densités racinaires (D_r) dans les profils d'enracinement,
 - d. profondeurs d'enracinement (P.r.).
2. hauteurs des racines respiratoires (H.r.) dans les stipes.

Il ressort que l'environnement hydro-édaphique à Hassi Ben Abdallah, au versant de la cuvette de Ouargla, favorise un développement racinaire profond des palmiers dattiers. Cependant, les autres palmeraies situées au fond de la cuvette, avec un environnement plus dégradé, présentent un développement racinaire variable en fonction des niveaux des nappes phréatiques, des croûtes et le type de profils d'accumulations.

2.1. Profils d'enracinement

Les résultats de l'étude des profils d'enracinement montrent une variabilité du développement racinaire des palmiers dattiers Déglét Nour, lié aux conditions hydro-édaphiques des stations d'études et à l'âge de plantation.

2.1.1. Morphologie racinaire

D'après nos observations sur les profils d'enracinement, nous avons constaté que les racines du palmier dattier présentent des diamètres variables. Ils augmentent avec l'âge des racines et leur état morphologique varie en fonction des conditions hydro-édaphiques. L'enracinement subit des obstacles d'ordre hydrique avec les nappes phréatiques, et d'ordre mécanique, variable avec les types des accumulations gypso-calcaires et la dimension des

éléments grossiers (Annexe 3, 4, 5 et 6).

Tableau VIII 4. Enracinements moyens des palmiers dattiers dans les stations d'études

Stations		Nombre de Palmiers	Agés (ans)	H.r. (cm)	Ø _{r_f} (mm)	Ø _{r_m} (mm)	Ø _{r_g} (mm)	Dr (kg.m ⁻³)	P.r. (cm)
Exploitation de l'université de Ouargla	Demi-secteur A1	5	44	62,50	0,68	3,26	8,79	18,63	173,40
	Demi-secteur A2	5	44	30,22	0,80	2,71	8,88	11,95	134,80
	Demi-secteur B1	5	44	35,02	0,88	2,67	8,27	11,62	111,20
	Demi-secteur B2	5	44	40,40	0,80	2,61	8,99	11,39	100,80
	Demi-secteur C1	5	44	65,40	0,87	3,02	8,87	14,31	165,60
Exploitation de Hassi Ben Abdallah		5	33	55,66	0,69	1,87	7,81	3,24	> 300
Exploitation de Ain El-Beïda		5	16	22,52	0,63	1,86	7,47	4,55	137,40
Exploitation du Chott		5	38	75,56	0,67	1,87	7,00	6,75	126,00
Exploitation de Mékhadma		5	20	27,22	0,67	1,94	7,14	7,29	101,60

2.1.1.1. Absence d'obstacles hydro-mécaniques

La morphologie racinaire reste normale dans les sols de nappes phréatiques profondes, pauvres en accumulations gypso-calcaires et présentant des éléments grossiers, de types graviers et cailloux non compacts et non cimentés. Nous observons que les racines de diamètres racinaires : fin, moyen et grossier (FURR et ARMSTRONG, 1955), ne sont pas déformées et présentent une coloration variable (Photo VIII 2) :

- les racines fines à moyennes dites « jeunes » sont de couleur jaune à blanchâtre,
- les racines grossières dites « âgées » sont de couleur marron clair à foncée.



Photo VIII 2. Morphologie racinaire en l'absence d'obstacles hydro-mécaniques

2.1.1.2. Effets des obstacles mécaniques

La morphologie et le développement racinaire dans certains profils de sols sont confrontés à des stress mécaniques de différentes intensités, variant avec les types d'accumulations gypso-calcaires et leur richesse en éléments grossiers. Ces derniers changent la morphologie racinaire et leur distribution dans les profils, au fur à mesure que leur compacité augmente, particulièrement les encroûtements et les croûtes.

La description des profils gypso-calcaires montre que les formes réduites qui constituent un stress mécanique pour la morphologie racinaire des palmiers dattiers sont de types cristaux gypseux et amas gypso-calcaires (Photo VIII 3).

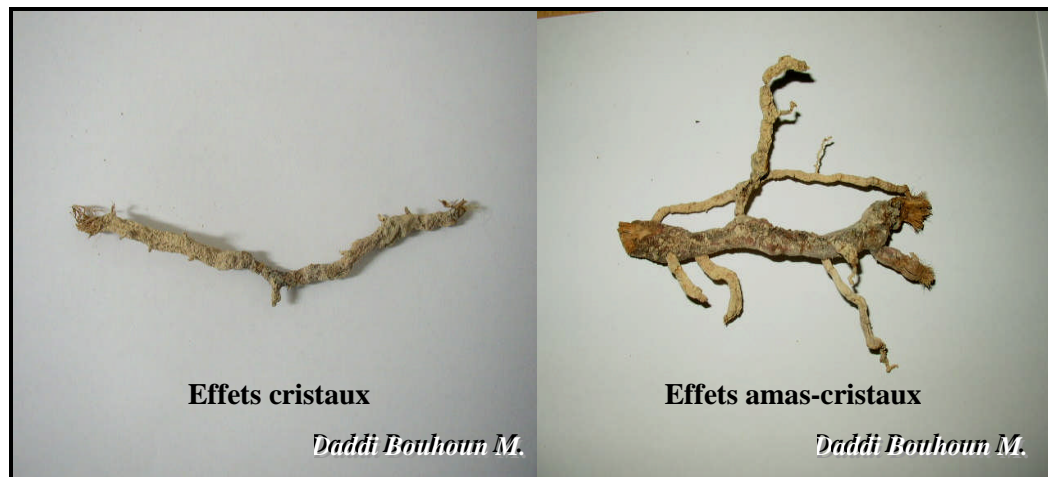


Photo VIII 3. Effets des cristaux et des amas sur la morphologie racinaire

Les cristaux gypseux sont de tailles différentes et existent à différents niveaux des profils des sols, particulièrement en abondance dans certains horizons superficiels, de fortes densités racinaires. Ils constituent la matrice prédominante des horizons ou bien ils s'associent à d'autres formes d'accumulations gypso-calcaires dans les horizons, de types amas, encroûtements et croûtes. Il semble que la dynamique des sels et la pression osmotique élevée

des racinaire d'absorption et de nutrition provoquent la précipitation des sels et leur cristallisation. Les cristaux enrobent les racines et modifient leur aspect morphologique, en produisant des déformations et des réductions des diamètres racinaires. Egalement, ils peuvent provoquer des déchirures au niveau de l'écorce des racines avec l'augmentation de la densité des cristaux et de leur diamètre. Il semble aussi que ces effets sont plus importants sur les jeunes racines fines à moyennes par rapport aux grosses racines.

Les amas gypso-calcaires sont observés au niveau de certains horizons de sols friables à fermes. Ils constituent ainsi dans ces horizons, respectivement des zones de compacité élevée à faible, avec des effets variables sur le développement racinaire :

- les racines ne se développent pas à l'intérieur des amas des horizons friables, car ces amas sont des zones de forte résistance.
- les racines se développent à l'intérieur des amas des horizons fermes, car ces amas sont des zones de moindre résistance.

L'aspect morphologique des racines varie aussi en fonction de la consistance des encroûtements gypso-calcaires et de leur richesse en éléments grossiers. Les racines ne colonisent pas les fragments durs qui forment les encroûtements peu compacts et s'orientent vers les endroits de moindre résistance. Cela modifie l'aspect morphologique des racines et produit un enracinement en courbures sinusoidales. Dans les encroûtements compacts, les racines les pénètrent difficilement, ce qui induit leur déformation (Photo VIII 4).

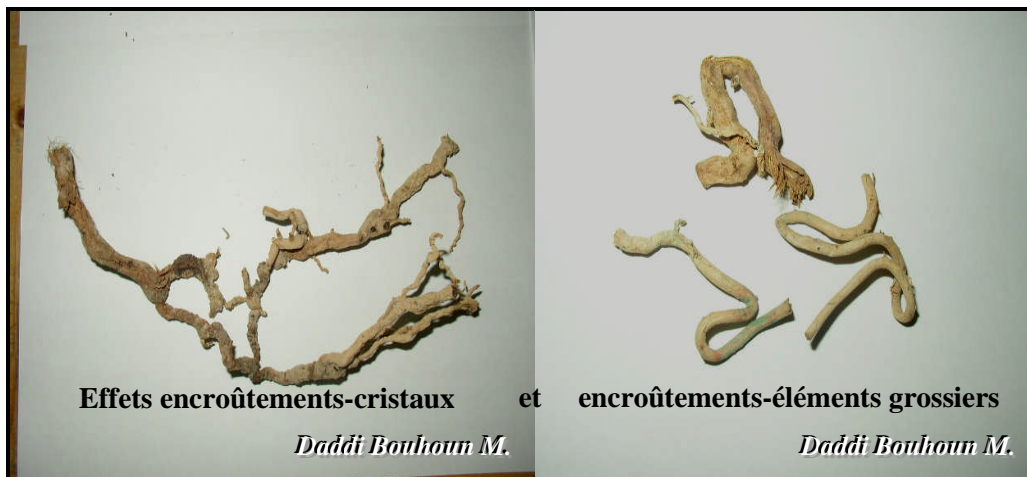


Photo VIII 4. Effets des encroûtements sur la morphologie racinaire

Les croûtes gypso-calcaires représentent le plus grand obstacle mécanique rencontré dans les profils étudiés. La résistance mécanique des croûtes à pénétration racinaire augmente avec l'augmentation de leur compacité et leur richesse en éléments grossiers, de grande dimension, de types pierres et blocs. Ces obstacles produisent un changement considérable dans la morphologie et la distribution racinaire dans les profils des sols. Les croûtes par leur

résistance mécanique limitent la progression verticale des racines (Photo VIII 5), provoque l'aplatissement des racines à leur contact (Photo VIII 6) et les racines qui arrivent à pénétrer les croûtes sont abîmées, rétrécies (Photo VIII 7) et des fois mortes, utilisées comme gaine pour faciliter la pénétration de jeunes racines (Photo VIII 8).



Photo VIII 5. Effets des croûtes sur l'orientation racinaire

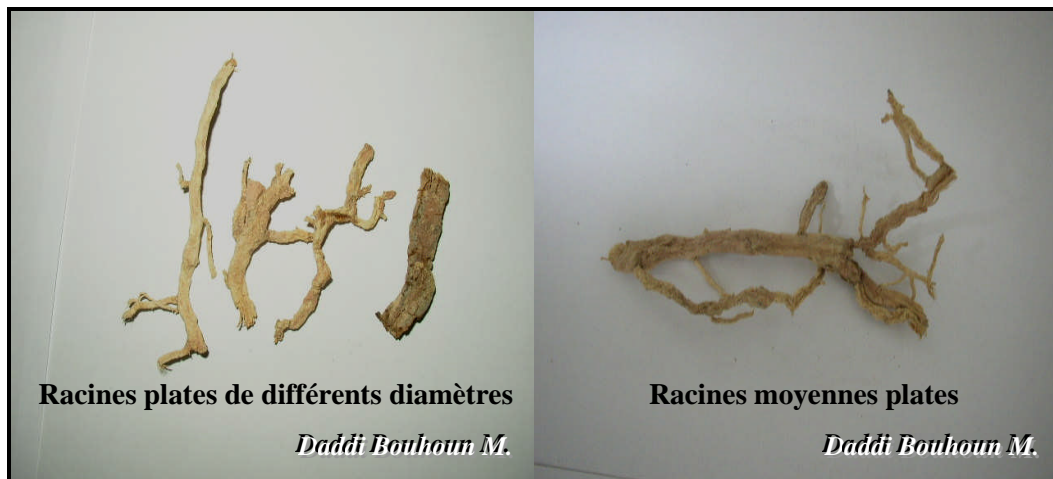


Photo VIII 6. Aplatissement des racines au contact des croûtes

2.1.1.3. Effets des obstacles hydriques

Le niveau de la nappe phréatique et sa fluctuation conditionnent le développement et la morphologie racinaire des palmiers dattiers. De nos études expérimentales, nous sommes arrivés à observer l'impact des eaux phréatiques sur l'enracinement dans des situations de rabattement et de remontée de nappes phréatiques. Les racines en contact des eaux phréatiques deviennent pourries, noirâtres à cause des effets d'asphyxie racinaire, dus à l'état d'hydromorphie dans les sols (Photo VIII 9). Les racines soumises de façon prolongée à cette situation d'anoxie finissent par mourir.

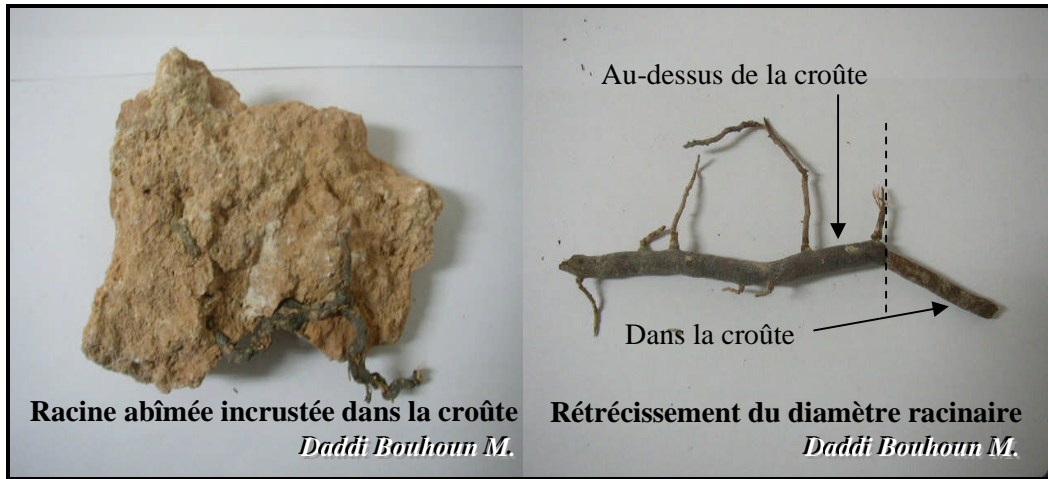


Photo VIII 7. Déformations des racines dans les croûtes



Photo VIII 8. Racine morte pénétrée par de jeunes racines dans la croûte



Photo VIII 9. Effets des nappes phréatiques sur la morphologie racinaire

Le rabattement des nappes phréatiques favorise le géotropisme positif des racines et le développement des jeunes racines jaunâtres, de diamètres fins à moyens. Celles-ci traversent l'écorce des racines mortes pour se développer à l'intérieur de celles-ci. Ces racines mortes

deviennent ainsi une gaine protectrice contre les effets d'hydromorphie et facilitent la progression des jeunes racines, particulièrement dans les horizons très compacts, comme les croûtes gypso-calcaires (Photo VIII 10).



Photo VIII 10. Racines pourries par les eaux et pénétrées par de jeunes racines

2.1.1.4. Discussion

Les racines sont soumises à des obstacles mécaniques composés d'accumulations gypso-calcaires et d'éléments grossiers, de divers types. Ces contraintes conduisent à des déformations morphologiques des racines qui deviennent de plus en plus importantes avec l'importance des formes d'accumulations gypso-calcaires et de leur richesse en éléments grossiers, notamment les encroûtements et les croûtes. Les déformations racinaires deviennent graves avec l'augmentation de l'épaisseur de ces derniers et de leur compacité. L'obstacle hydrique des nappes phréatiques conduit à la pourriture et la mort racinaire à cause de l'hydromorphie des sols. Ces effets sur l'enracinement s'accroissent quand ils sont associés en même temps aux effets des obstacles mécaniques. Ces effets de stress hydro-mécaniques vont gêner probablement la croissance racinaire et la nutrition des palmiers dattiers.

L'humidification des sols produit une réduction en oxygénation ou hypoxie, induit des troubles d'absorption racinaire et métabolique. L'excès d'eau et sa stagnation, favorisés par les obstacles mécaniques et le manque de drainage, engendrent une absence d'oxygène ou anoxie, avec comme résultante la fermentation alcoolique et la pourriture racinaire. Ces effets apparaissent même chez les espèces tolérantes si elles sont soumises à l'engorgement prolongé (CALLOT et al., 1982 ; HELLER et al., 1998 ; LECLERC, 1999).

2.1.2. Diamètres racinaires

L'étude des diamètres des racines au cours des expérimentations a été réalisée sur la base de l'échelle de FURR et ARMSTRONG (1955), spécifique pour les palmiers dattiers. Elle consiste à déterminer l'existence de trois catégories de diamètres racinaires (\varnothing) : fin

(\varnothing_{r_f}), moyen (\varnothing_{r_m}) et grossier (\varnothing_{r_g}). Les résultats indiquent l'existence de ces catégories et une variation des mesures et leur distribution dans les profils des sols. Les diamètres racinaires fins, moyens et grossiers varient en moyenne par 10 cm de profondeur dans les profils, respectivement de 0,18 à 0,98 mm, de 1,03 à 5,05 mm et de 6,05 à 13,7 mm (Photo VIII 11). Cela semble être lié aux conditions hydro-édaphiques, à savoir les types de profils d'accumulations réduites (R), réduites-encroûtements (RE), réduites-encroûtements-croûtes (REC) et réduits-croûtes (RC), et l'âge de plantation des palmiers dattiers. Ces types de profils varient en fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques de plus en plus stressants aux palmiers dattiers avec la remontée des nappes phréatiques (Tabl. VIII 3 et 5).

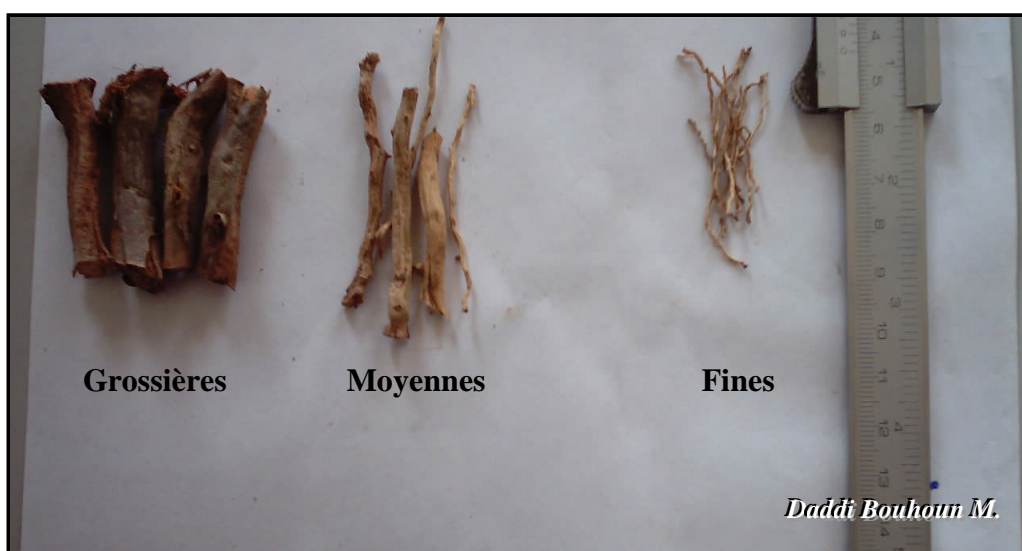


Photo VIII 11. Racines de différents diamètres

2.1.2.1. Palmiers dattiers de même âge

Nous avons remarqué dans l'exploitation de l'université de Ouargla que les mesures des diamètres racinaires des palmiers dattiers, âgé de 44 ans varient avec les types de profils existants : R3, R4, RE1, REC1, REC2, REC3, REC4, REC5, REC6 et RC1 (Tabl. VIII 5).

Nous constatons que les profils des formes d'accumulations réduites R3 et R4, avec respectivement des nappes phréatiques profondes à moyennement profondes présentent des racines de diamètres compris entre 0,18 et 10,95 mm. Les racines fines à moyennes existent le long des profils, et avec des diamètres variables. Les racines grossières sont pauvres en surface et en profondeur. Les diamètres grossiers augmentent vers le centre des profils avec des valeurs moyennes maximum variables, situées entre 30 cm et 1 m de profondeur (Fig. VIII 6). Il y a une corrélation significative négative entre l'évolution des diamètres racinaires fins et moyens en zone de nappes profondes, et une corrélation significative positive entre l'évolution des diamètres racinaires moyens et grossiers en zones de nappes moyennement

profondes. Cela montre dans le premier cas, parallèlement à nos observations dans les profils, qu'au fur et à mesure qu'on s'aprofondit dans les profils, les diamètres des racines moyennes grossis et ceux des racines fines diminuent, signes d'émission de nouvelles racines fines et de croissance pour les racines moyennes. En zones de nappes moyennement profondes, l'étude montre qu'au fur et à mesure qu'on s'aprofondit dans les profils, les diamètres des racines moyennes et grossières augmentent, signes d'accroissement.

Tableau VIII 5. Intervalles des mesures moyennes des diamètres racinaires dans les profils

Types de profils	Niveaux des nappes	Ages de plantations	Diamètres racinaires ($\text{\O}r$)		
			$\text{\O}r_f$ (mm)	$\text{\O}r_m$ (mm)	$\text{\O}r_g$ (mm)
R1	Profond	33	0,3 à 0,9	1,1 à 2,75	6,5 à 9,8
R2	Profond	33	0,38 à 0,9	1,39 à 3,58	6,1 à 8,75
R3	Profond	44	0,18 à 0,97	2,7 à 4,75	6,05 à 10,95
R4	Moyen	44	0,5 à 0,91	2,3 à 5,05	6,21 à 10,85
R5	Superficiel	16	0,39 à 0,9	1,17 à 2,86	6,1 à 10
RE1	Profond	44	0,83 à 0,98	1,55 à 3,75	6,05 à 12,15
RE2	Superficiel	38	0,48 à 0,9	1,03 à 3,37	6,1 à 8,7
REC1	Profond	44	0,5 à 0,97	1,5 à 3,95	6,05 à 12,2
REC2	Profond	44	0,66 à 0,94	1,6 à 4,1	6,6 à 11,75
REC3	Profond	44	0,4 à 0,9	1,8 à 3,3	6,35 à 11,75
REC4	Profond	44	0,7 à 0,95	1,5 à 4,4	6,1 à 13,7
REC5	Moyen	44	0,28 à 0,85	1,6 à 4	6,88 à 10
REC6	Moyen	44	0,18 à 0,91	1,23 à 4,2	6,2 à 11,9
REC7	Superficiel	20	0,44 à 0,9	1,21 à 2,9	6,1 à 8,5
RC1	Moyen	44	0,65 à 0,98	1,8 à 4,05	6,1 à 12,15

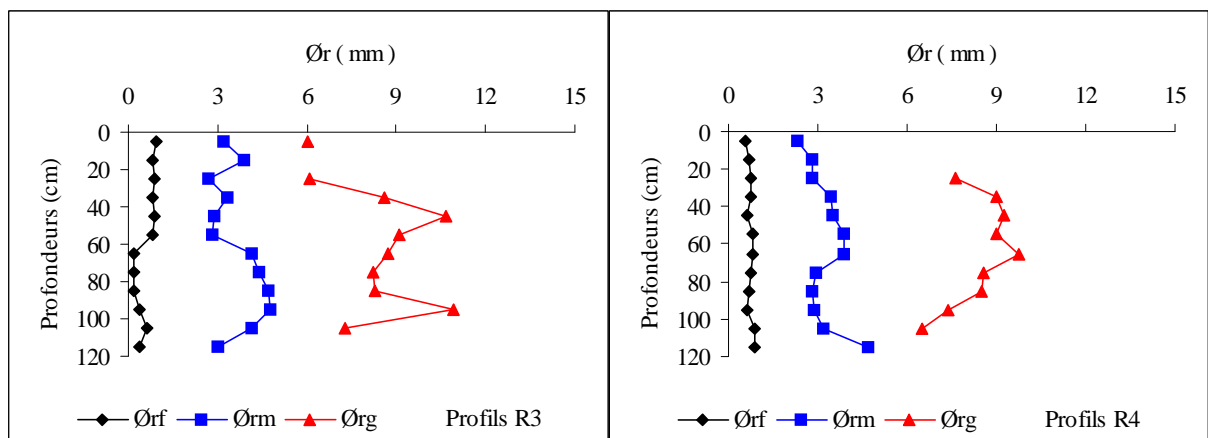


Figure VIII 6. Diamètres racinaires des palmiers dattiers dans les profils R3 et R4

Nous observons pour l'ensemble des profils que les diamètres des racines grossières augmentent significativement avec la diminution des densités apparentes des sols. La compacité des sols réduit donc la croissance des ces racines. L'augmentation de l'humidité dans les profils favorise significativement l'accroissement des diamètres des racines fines et grossières, respectivement en zones de nappes moyennement profondes et profondes. Les diamètres racinaires fines diminuent significativement vers le fond des profils des nappes profondes, plus salées et moins gypseuses, et augmentent significativement vers le fond des profils des nappes moyennement profondes, moins gypso-salines. Cela montre qu'il y a une émission plus importante de racines au fond des profils de nappes profondes par rapport aux profils limités par des nappes moyennements profondes, où les diamètres des racines grossières augmentent significativement avec l'augmentation de la salinité des sols. Cette dernière observation indique que l'accroissement de ces racines augmente l'effet de l'absorption racinaire sur la salinisation des sols.

Cependant, les profils de formes d'accumulations réduites-encroûtements (RE1) avec des nappes phréatiques profondes, présentant des racines, de diamètres compris entre 0,83 et 12,15 mm. Les diamètres semblent augmenter dans ces types de profils par rapport à ceux des profils de formes d'accumulations réduites. Les racines fines deviennent rares au fond des profils, contrairement aux racines moyennes qui existent tout le long des profils. Les racines grossières apparaissent à partir de 30 cm de profondeur, au-dessus des encroûtements calcaires, riches en éléments grossiers. Leurs diamètres racinaires augmentent au contact des encroûtements pour diminuer au fond de ces derniers (Fig. VIII 7).

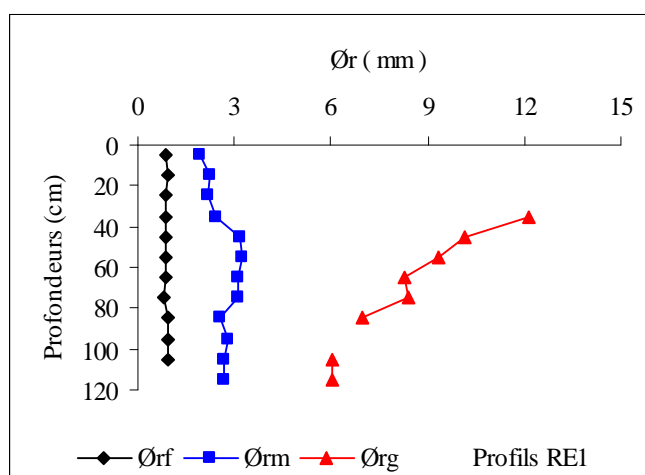


Figure VIII 7. Diamètres racinaires des palmiers dattiers dans les profils RE1

Ces obstacles mécaniques semblent limiter la croissance des racines grossières. Les diamètres des racines fines augmentent significativement avec la diminution de l'humidité du

centre des encroûtements calcaires vers la surface ou le fond des profils. Les diamètres des racines moyens diminuent significativement avec l'augmentation de la salinité du centre des encroûtements calcaires vers la surface gypso-calcaire. Mais, les diamètres des racines grossières diminuent significativement de la surface gypso-saline des profils vers le fond de l'encroûtement calcaire salé.

Toutefois, notre étude montre qu'il existe des profils, de formes d'accumulations réduites-encroûtements-croûtes, de types REC1 à REC4 et de types REC5 et REC6, qui sont respectivement de nappes phréatiques profondes et moyennement profondes. Ils présentent des racines de diamètres compris entre 0,18 et 13,7 mm. Les diamètres racinaires grossiers arrivent à des valeurs maximums dans ces types de profils par rapport aux autres types précités. Les racines fines à moyennes existent le long des profils et avec des diamètres variables. Les racines grossières apparaissent à partir de 10 cm de profondeur. Leurs diamètres et ceux des racines moyennes semblent augmenter considérablement, dans les encroûtements situés au-dessus des croûtes et au contact de ces dernières. Les racines grossières deviennent rares dans les croûtes et de diamètres faibles. La compacité de cette formation gypso-calcaire et sa richesse en éléments grossiers augmentent leur résistance mécanique. Cela limite la progression des racines grossières et leur croissance (Fig. VIII 8). Les diamètres des racines dans l'ensemble des profils augmentent significativement avec la diminution de la densité apparente des sols, et les racines moyennes à grossières avec l'augmentation de l'humidité, particulièrement dans les encroûtements gypso-salins à gypso-calcaires salés.

Toutefois, il apparaît que les profils de formes d'accumulations réduites-croûtes (RC1), avec des nappes phréatiques moyennement profondes présentent des racines de diamètres compris entre 0,65 et 12,15 mm. Les variations des diamètres racinaires ressemblent aux profils de types REC. Les diamètres moyens à grossiers augmentent dans les horizons riches en cristaux gypseux, situés au-dessus des croûtes et à la surface de ces dernières. La compacité des croûtes gypseuses, de forte résistance mécanique, limite la pénétration racinaire et favorise sa croissance dans les horizons moins compacts au-dessus des croûtes (Fig. VIII 9). Les diamètres des racines augmentent significativement avec la diminution de la densité apparente des sols, et les racines moyennes à grossières avec l'augmentation de l'humidité vers le fond des profils gypso-salins, de nappes phréatiques moyennement profondes.

2.1.2.2. Palmiers dattiers de différents âges

Nous avons remarqué dans l'étude des palmeraies de différents âges dans la cuvette de Ouargla que les mesures des diamètres racinaires des palmiers dattiers varient avec les types de profils existants : R1, R2, R5, RE2 et REC7 (Tabl. VIII 5). Il apparaît que seuls les

diamètres des racines fines augmentent significativement avec l'âge de plantation des palmiers dattiers, et les autres diamètres racinaires évoluent en fonction des conditions hydro-édaphiques dans ces palmeraies (Fig. VIII 10).

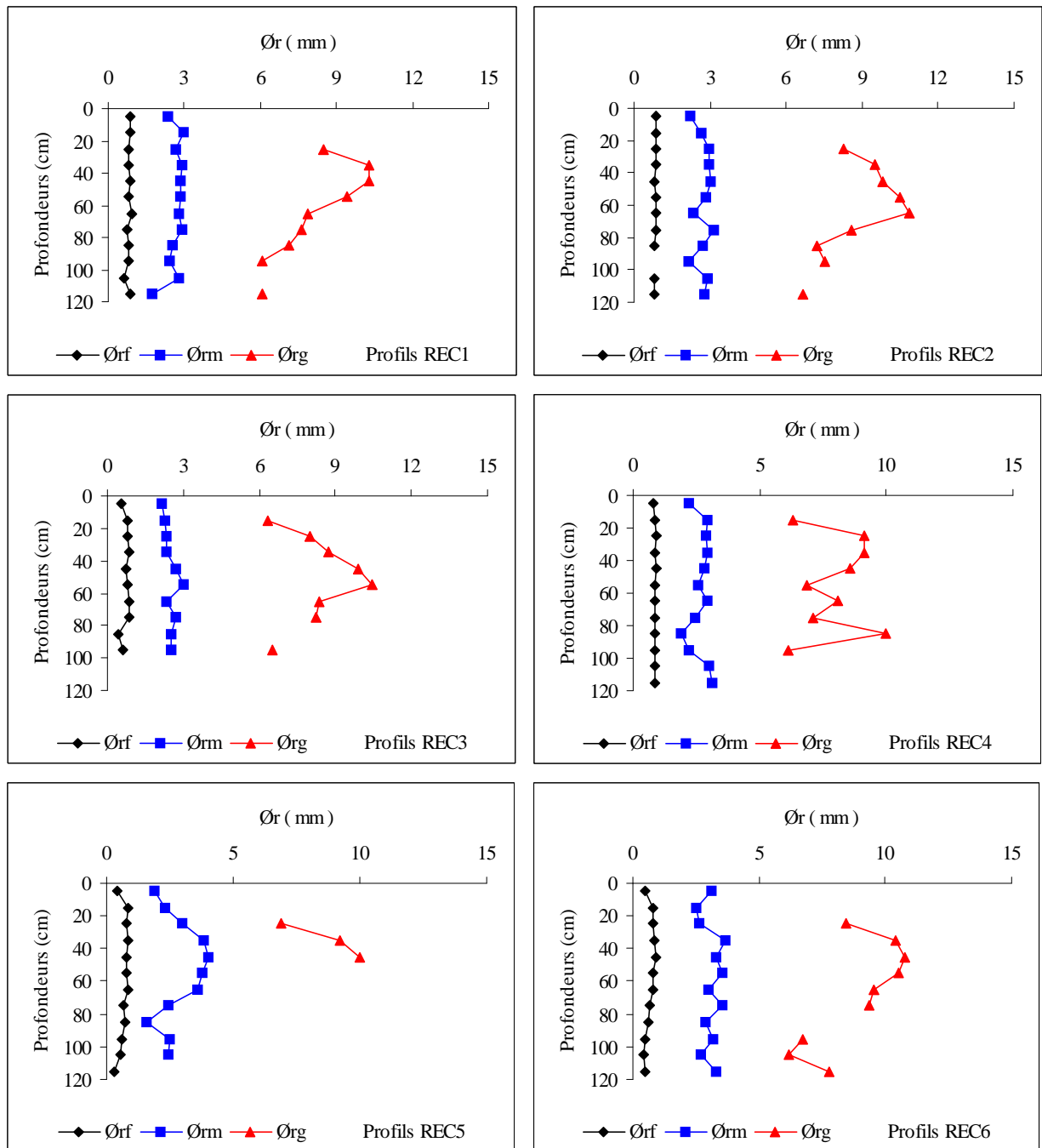


Figure VIII 8. Diamètres racinaires des palmiers dattiers dans les profils REC1 à REC6

Nous remarquons que les profils de formes d'accumulations réduites, situés à Hassi Ben Abdallah (R1 et R2) et Ain El-Beïda (R5), avec respectivement des nappes phréatiques profondes et superficielles, présentant des racines de diamètres compris entre 0,3 et 9,8 mm. Il y a une corrélation significative positive entre l'évolution des diamètres racinaires fins et moyens en zone de nappes profondes. Les racines fines à moyennes existent le long des

profils, et avec des diamètres variables qui augmentent aussi au centre des profils. Les racines grossières sont pauvres en surface, mais restent présentes jusqu'au fond des profils.

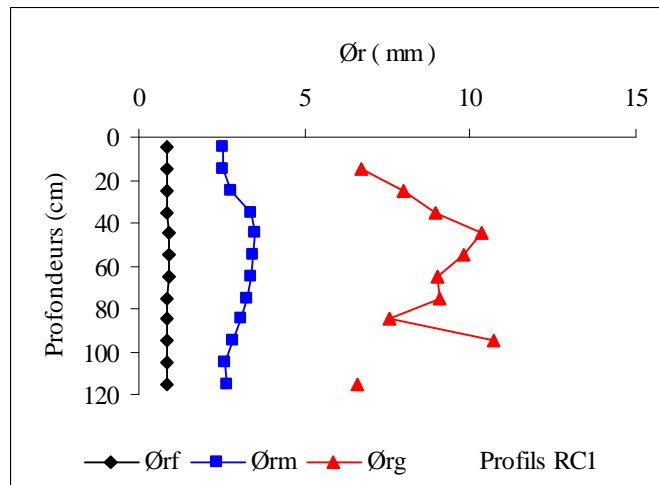


Figure VIII 9. Diamètres racinaires des palmiers dattiers dans les profils RC1

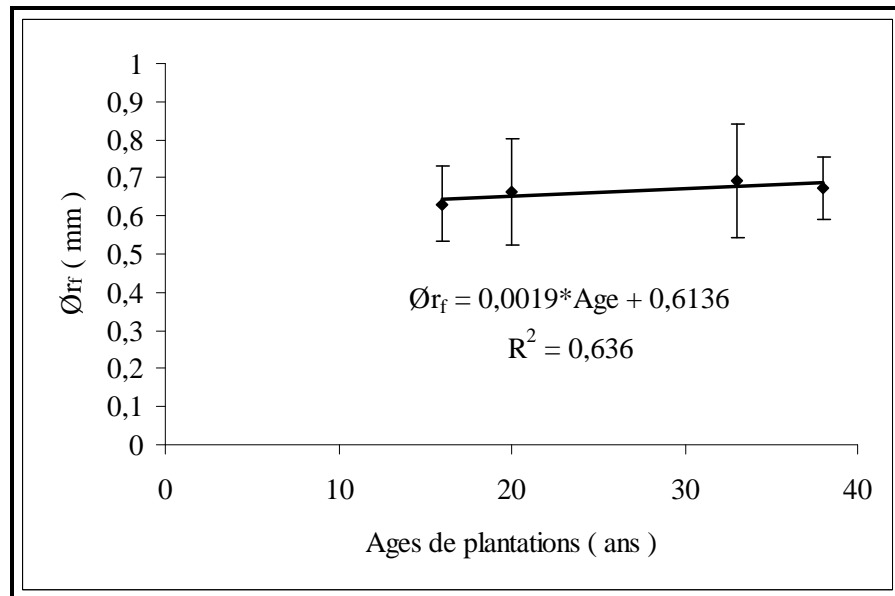


Figure VIII 10. Effet de l'âge des palmiers dattiers sur les diamètres racinaires fins

Les diamètres grossiers augmentent vers le centre des profils avec des valeurs moyennes maximums variables situées entre 20 cm et 1 m de profondeur pour les profils de nappes profondes, entre 20 cm et 60 cm pour les profils de nappes superficielles (Fig. VIII 11). Il apparaît dans le premier cas que les diamètres maximums occupent une couche de large épaisseur des profils, et les sondages montrent leur existence au-delà de 1,2 m de profondeur, à cause de la profondeur racinaire élevée qui dépasse 3 m. Dans le deuxième cas des profils de nappes superficielles, les valeurs maximums sont décalées vers le haut des profils à cause du niveau des nappes phréatiques. Les diamètres des racines fines et grossières augmentent significativement avec la diminution de la densité apparente des sols,

respectivement en zones de nappes profondes et superficielles. Egalement, nous constatons que les diamètres des racines fines et moyennes augmentent significativement avec l'humidité et les accumulations gypso-salines en zone de nappes superficielles, signes d'une faible émission racinaire et d'accoissement de diamètres racinaire.

Cependant, les profils de formes d'accumulations réduites-encroûtements (RE2), situés au Chott avec des nappes phréatiques superficielles présentent des racines de diamètres compris entre 0,48 et 8,7 mm. Les diamètres maxima diminuent dans ces types de profils par rapport à ceux des profils de formes d'accumulations réduites, malgré l'âge de plantation avancé. Il semble que la remontée des eaux phréatiques dans ces zones, dépassant celle de Ain El-Beïda, freine la croissance racinaire. Mais, la distribution des racinaires dans les profils reste proche de celle des profils de formes d'accumulations réduites avec des nappes phréatiques superficielles. Les diamètres racinaires augmentent dans les encroûtements, au contact des eaux phréatiques pour diminuer au fond de ces dernières (Fig. VIII 11). Les diamètres des racines moyennes augmentent significativement avec l'humidité et les accumulations gypso-salines, et ceux des racines grossières avec la diminution de la densité apparente des sols.

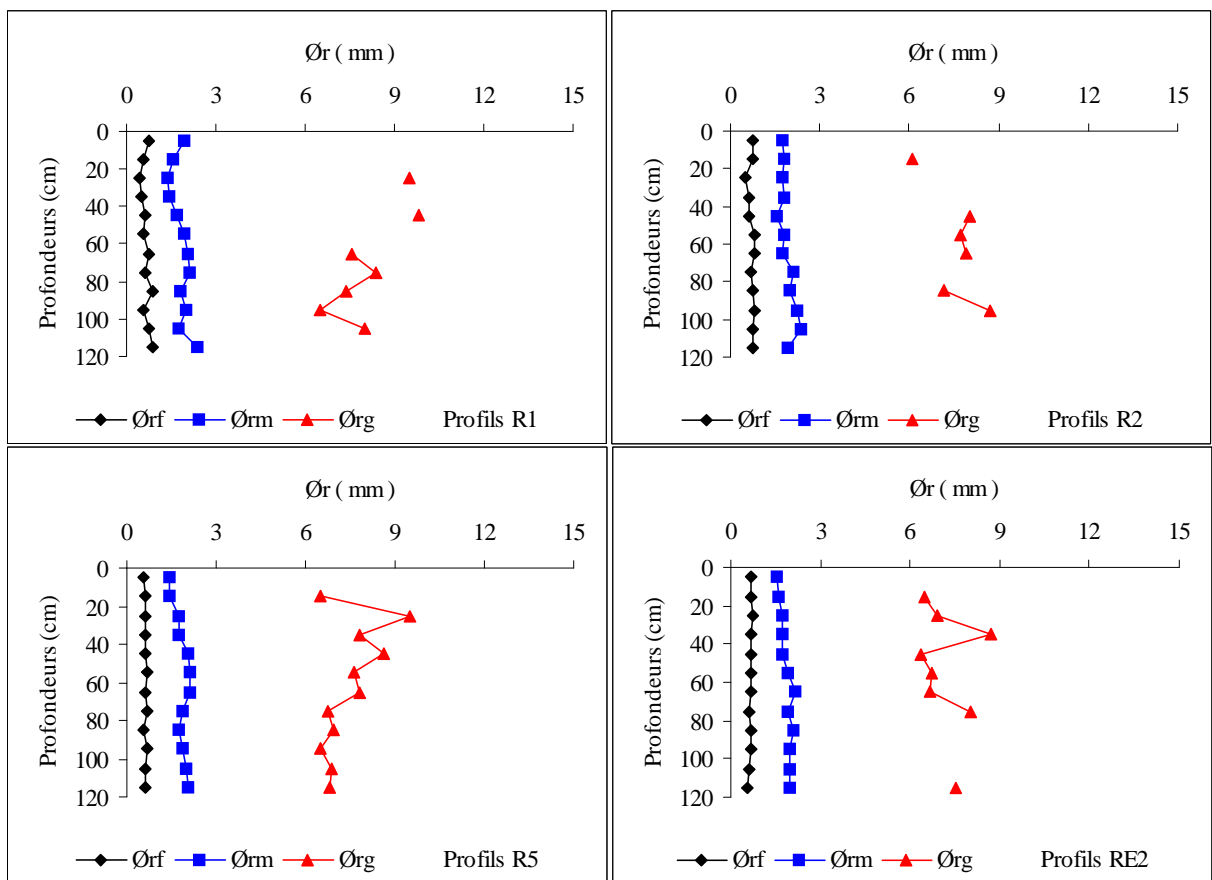


Figure VIII 11. Diamètres racinaires des palmiers dattiers dans les profils R1, R2, R5 et RE2

L'étude montre que les profils de formes d'accumulations réduites-encroûtements-croûtes (REC7), avec des nappes phréatiques superficielles présentent des racines de diamètres compris entre 0,44 et 8,5 mm. Il y a une corrélation significative positive entre l'évolution des diamètres racinaires fins, moyens et grossiers. Mais, la distribution des racinaires dans ces profils est proche de celle des profils de formes d'accumulations réduites-encroûtements (RE2), avec des nappes phréatiques superficielles. Les diamètres racinaires augmentent dans les encroûtements et au contact des croûtes gypseuses et des eaux phréatiques (Fig. VIII 12). Les diamètres des racines moyennes à grossières augmentent significativement avec la diminution de la densité apparente des sols, et l'augmentation de l'humidité semble favoriser l'augmentation des diamètres des racines moyennes.

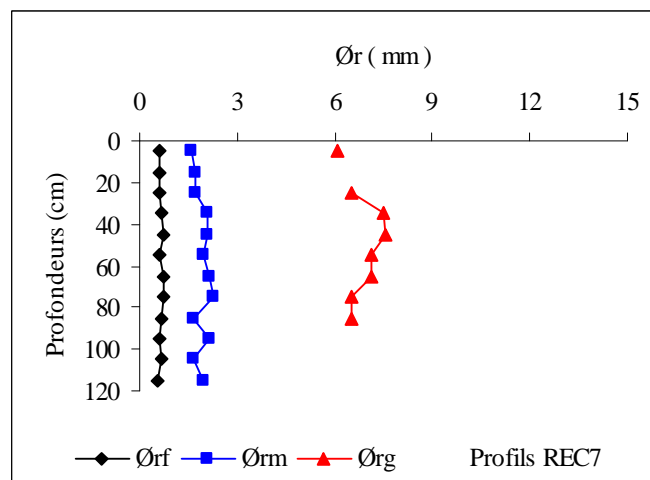


Figure VIII 12. Diamètres racinaires des palmiers dattiers dans les profils REC7

2.1.2.3. Discussion

L'étude des diamètres racinaires montre qu'avec l'âge, les palmiers dattiers diminuent l'émission de nouvelles racines fines, ce qui explique l'augmentation de leurs diamètres dans les profils avec l'avancement de l'âge des palmiers dattiers, du fait de la prédominance dans le cylindre de mesures de racines plus grosses par rapport à celles fines nouvellement émises. Les diamètres des autres racines moyennes et grossières semblent varier avec les contraintes au niveau des profils, particulièrement hydro-mécaniques.

Nous constatons qu'au fond des profils de formes d'accumulations réduites, de nappes profondes, il y a l'émission de nouvelles racines fines, exprimée par la diminution des diamètres de ces racines, et aussi l'augmentation de la croissance des racines moyennes et grossières, particulièrement dans les couches les plus humides. Contrairement au fond des profils de nappes moyennement profondes et superficielles, où l'excès d'humidité limite l'émission de nouvelles racines fines et favorise la croissance des racines moyennes et

grossières au-dessus de ces nappes phréatiques pour éviter l'effet d'anoxie de celle-ci. Cet accroissement racinaire est accompagné par des accumulations salines à cause de l'absorption racinaire élevée et la remontée capillaire des sels à partir des nappes phréatiques. L'augmentation de la compacité de certains horizons des sols réduit les diamètres racinaires, particulièrement de types grossiers à cause de la résistance mécanique de ces sols.

En nappes phréatiques profondes, les profils de formes d'accumulations réduites-encroûtements présentent des diamètres racinaires plus élevés par rapport à ceux des profils de formes d'accumulations réduites. Toutefois, il semble que ce grossissement racinaire diminue en présence de stress hydro-salin de nappes superficielles par rapport à celui de nappes profondes. L'émission de nouvelles racines fines diminue dans les encroûtements calcaires, salés et de faible humidité, des profils de nappes profondes parallèlement au grossissement des racines moyennes à grossières dans la partie supérieure des encroûtements, moins compacts que la partie inférieure. Dans les profils de nappes superficielles, il y a un grossissement des racines moyennes à grossières dans les encroûtements gypso-salins moins compacts.

Nous avons constaté également que les diamètres racinaires dans les profils de formes d'accumulations réduites-encroûtements-croûtes ou réduites-croûtes, dépassant celui des profils de formes d'accumulations réduites-encroûtements. L'élévation du niveau des nappes phréatiques produit une réduction des diamètres racinaires. Nous remarquons que les encroûtements moins compacts favorisent le grossissement des racines moyennes à grossières, particulièrement au contact des croûtes compactes et de l'hydromorphie produite par le niveau des eaux phréatiques. L'effet des croûtes reste le même dans les profils en l'absence d'encroûtements. L'obstacle mécanique des croûtes limite la pénétration racinaire et l'infiltration des eaux d'irrigation. Cela favorise le grossissement des racines moyennes à grossières, notamment au-dessus des croûtes compactes et humides à cause du niveau des eaux phréatiques moyennement profondes.

2.1.3. Densités racinaires

Les résultats de l'étude des densités racinaires (D_r) au cours de nos études expérimentales indiquent une variation des mesures, par 10 cm de profondeur dans les profils de 0 à 68,06 kg.m⁻³. L'âge des palmiers dattiers n'a pas d'effet significatif sur la densité racinaire, par contre les conditions hydro-édaphiques des types de profils d'accumulations R, RE, REC et RC présentent un impact important sur la variation des densités racinaires (Tabl. VIII 6).

2.1.3.1. Palmiers dattiers de même âge

Au niveau de la palmeraie de l'université de Ouargla, âgés de 44 ans, nous avons remarqué que les mesures des densités racinaires des palmiers dattiers varient avec les types de profils existants : R3, R4, RE1, REC1, REC2, REC3, REC4, REC5, REC6 et RC1 (Tabl. VIII 6). Nous remarquons que les profils de formes d'accumulations réduites R3 et R4, respectivement de nappes phréatiques profondes et moyennement profondes, présentent des densités racinaires comprises entre 2,75 et 44,08 kg.m⁻³. Il y a peu de différences entre la densité racinaire des profils de nappes profondes et ceux des nappes moyennement profondes. La densité racinaire diminue en surface et au fond des profils. Elle devient importante au centre des profils, avec des valeurs moyennes maximums, situées entre 30 cm et 60 cm de profondeur (Fig. VIII 13).

Tableau VIII 6. Intervalles des mesures moyennes des densités racinaires dans les profils

Types de profils	Niveaux des nappes	Âges de plantations	Densités racinaires (kg.m ⁻³)
R1	Profond	33	0 à 13,29
R2	Profond	33	0 à 18,27
R3	Profond	44	3,85 à 44,08
R4	Moyen	44	2,75 à 44,07
R5	Superficiel	16	0,42 à 24,59
RE1	Profond	44	0,41 à 38,2
RE2	Superficiel	38	1,09 à 25,43
REC1	Profond	44	0 à 64,24
REC2	Profond	44	0 à 59,42
REC3	Profond	44	0 à 55,81
REC4	Profond	44	0,48 à 68,06
REC5	Moyen	44	0,04 à 52,23
REC6	Moyen	44	0,16 à 54,94
REC7	Superficiel	20	0 à 47,35
RC1	Moyen	44	0,39 à 61,33

L'étude des corrélations montre que la densité racinaire augmente significativement avec le taux d'humidité dans les couches de profils de nappes profondes et avec la diminution de la densité apparente des couches dans l'ensemble des profils de sols. Il y a peu de

différences entre les régressions qui montrent l'effet de la densité apparente en situation de nappes profondes et celle de nappes moyennement profondes (Fig. VIII 14). Egalement, la densité racinaire augmente significativement avec le diamètre des racines grossières.

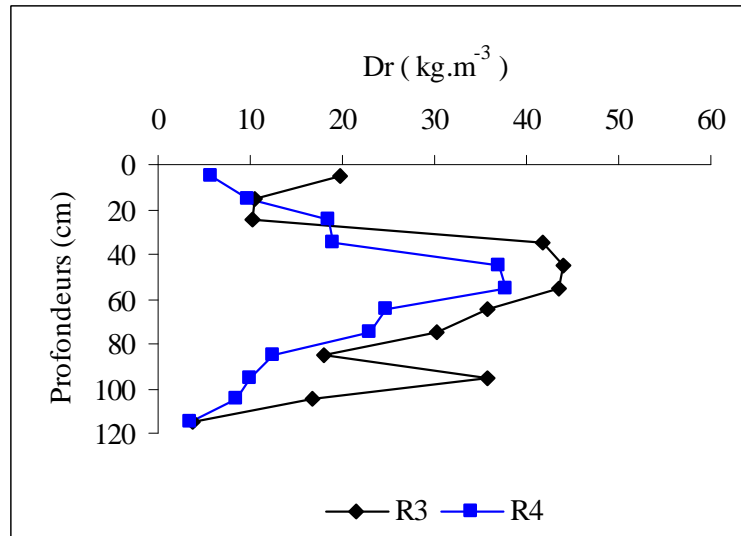


Figure VIII 13. Densités racinaires des palmiers dattiers dans les profils R3 et R4

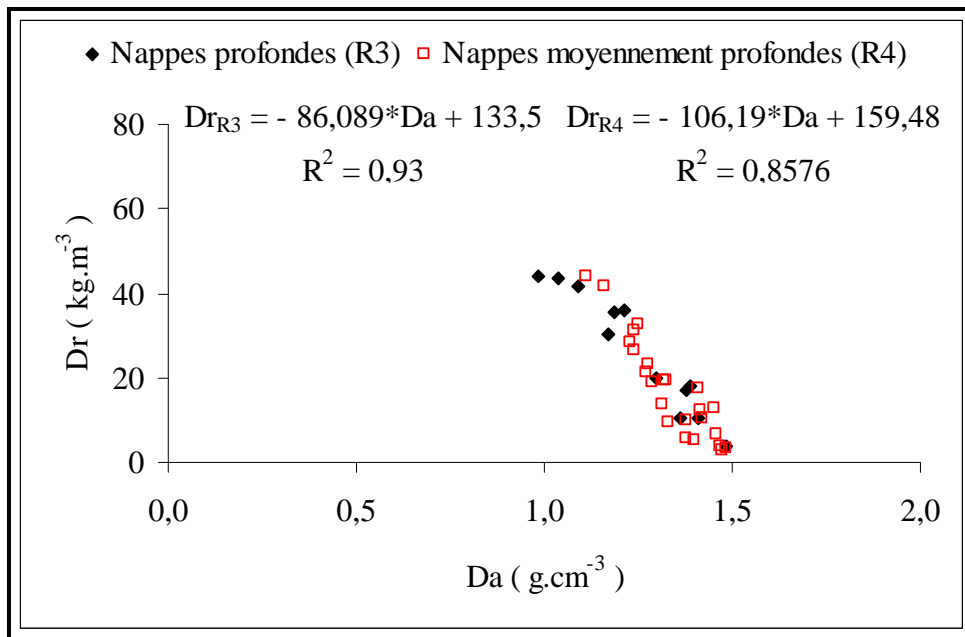


Figure VIII 14. Effet de la compacité des profils R3 et R4 sur la densité racinaire

Les profils de formes d'accumulations réduites-encroûtements (RE1), de nappes phréatiques profondes présentent des densités racinaires comprises entre 0,41 et 38,2 kg.m⁻³. Les densités racinaires deviennent importantes au centre des profils, comme les profils de types réduits avec des valeurs moyennes maximums, situées entre 30 cm et 50 cm de profondeur. Elle augmente avec la diminution de la densité apparente (Fig. VIII 15 et 16).

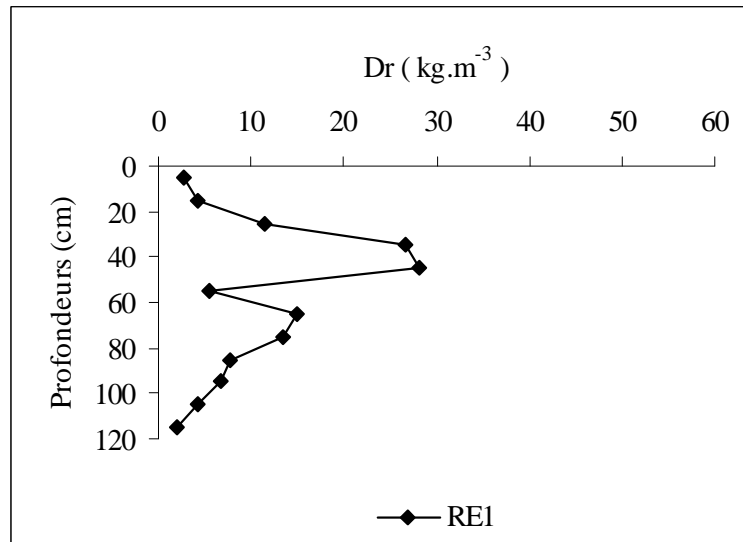


Figure VIII 15. Densités racinaires des palmiers dattiers dans les profils RE1

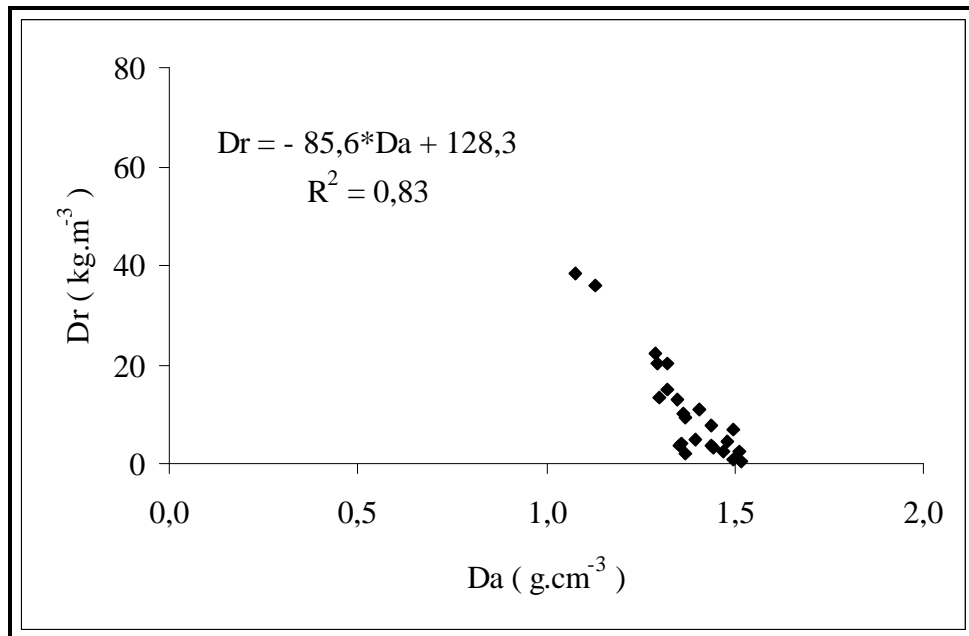


Figure VIII 16. Effet de la compacité des profils RE1 sur la densité racinaire

Les profils de formes d'accumulations réduites-encroûtements-croûtes ont été observés dans des sols de nappes profondes, de types REC1 à REC4, et dans des sols de nappes moyennement profondes, de types REC5 et REC6. Ils présentent des densités racinaires comprises entre 0 et 68,06 kg.m⁻³. Les profils de nappes profondes présentent aussi des densités racinaires légèrement plus élevées par rapport à ceux de nappes moyennement profondes. Les densités racinaires deviennent importantes au centre des profils, comme les profils de types réduits avec des valeurs moyennes maximums, situées entre 20 cm et 60 cm de profondeur (Fig. VIII 17).

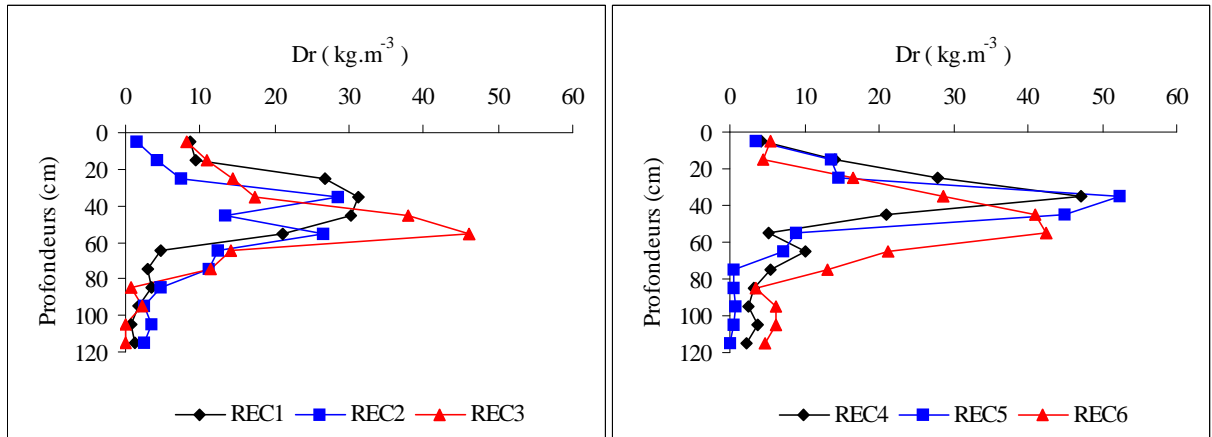


Figure VIII 17. Densités racinaires des palmiers dattiers dans les profils REC1 à REC6

Les densités racinaires augmentent considérablement dans les encroûtements situés au-dessus des croûtes et au contact de ces dernières. La compacité de cette formation gypso-calcaire et sa richesse en éléments grossiers augmentent la résistance mécanique à la pénétration racinaire, ce qui explique la faible densité racinaire dans les croûtes. La densité racinaire augmente significativement avec l'augmentation de l'humidité des sols et la diminution des densités apparentes. Il apparaît que la densité racinaire est plus importante en situation de nappes profondes par rapport à celle de nappes moyennement profondes (Fig. VIII 18). Aussi, elle augmente significativement avec les diamètres racinaires moyens et grossiers dans les sols de nappes profondes, et avec les diamètres racinaires fins à grossiers au niveau des profils de nappes moyennement profondes.

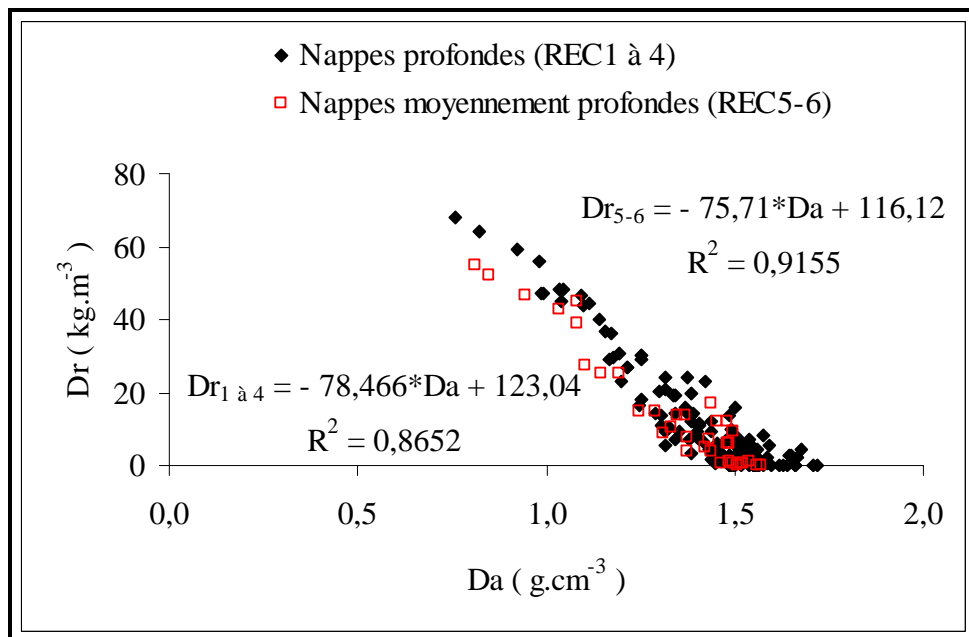


Figure VIII 18. Effet de la compacité des profils REC1 à REC6 sur la densité racinaire

Toutefois, l'étude montre que les profils de formes d'accumulations réduites-croûtes (RC1), avec des nappes phréatiques moyennement profondes présentent des densités racinaires comprises entre 0,39 à 61,33 kg.m⁻³. Leurs variations au niveau des profils et leurs relations avec l'humidité, et les diamètres racinaires ainsi que les densités apparentes des sols sont semblables aux profils de types REC. Néanmoins, les valeurs moyennes maximums sont situées entre 40 cm et 50 cm de profondeur (Fig. VIII 19 et 20).

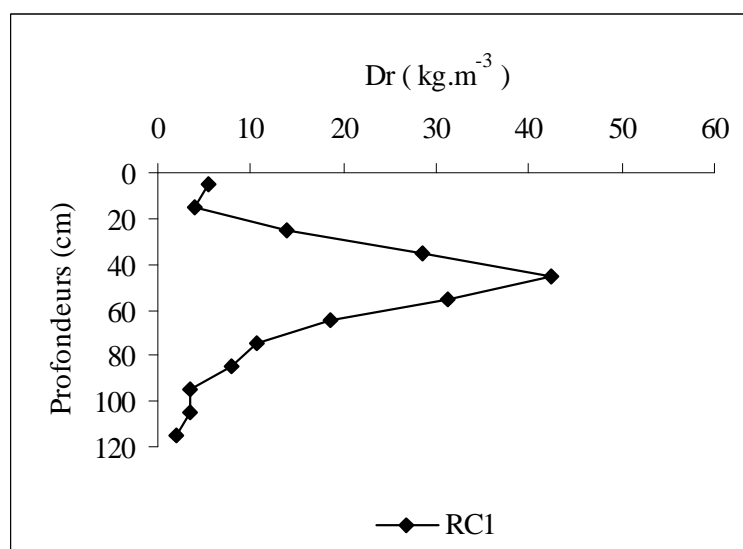


Figure VIII 19. Densités racinaires des palmiers dattiers dans les profils RC1

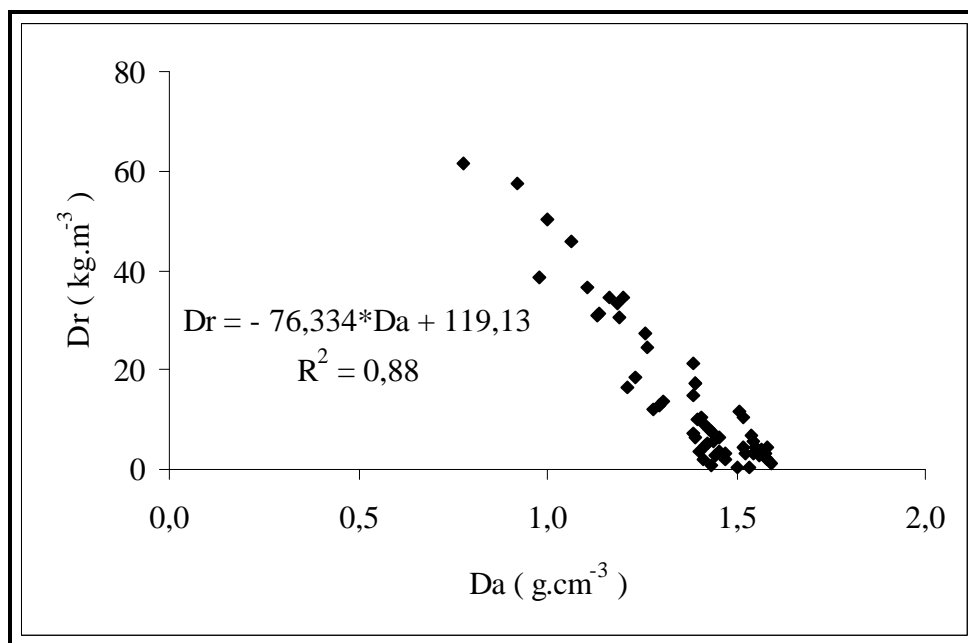


Figure VIII 20. Effet de la compacité des profils RC1 sur la densité racinaire

2.1.3.2. Palmiers dattiers de différents âges

L'étude des profils de types : R1, R2, R5, RE2 et REC7 dans les palmeraies de différents âges montre que les densités racinaires des palmiers dattiers varient avec les types

de profils existants (Tabl. VIII 6). Les résultats indiquent que les densités racinaires ne varient pas avec l'âge de plantation des palmiers dattiers, mais changent en fonction des conditions hydro-édaphiques dans ces palmeraies.

Les profils de formes d'accumulations réduites, de Hassi Ben Abdallah (R1 et R2) et de Ain El-Béïda (R5), caractérisés respectivement par des nappes phréatiques profondes et superficielles, présentent des densités racinaires comprises entre 0 et 24,59 kg.m⁻³. Nous remarquons que le pic des valeurs maximums dans les profils de nappes profondes est inférieur à celui de nappes superficielles, malgré l'âge avancé des palmiers dans les premiers profils. Il semble du à l'élévation des nappes qui oblige les palmiers dattiers à fuir la zone hydromorphe et à concentrer leur développement racinaire au-dessus de celle-ci. Les densités racinaires augmentent vers le centre des profils avec des valeurs moyennes maximums variables, situées entre 50 cm et 1 m de profondeur pour les profils de nappes profondes, et entre 30 cm et 70 cm pour les profils de nappes superficielles (Fig. VIII 21). Nous remarquons dans le premier cas que les valeurs maximums occupent une couche de large épaisseur des profils, et même les sondages montrent l'existence des couches de fortes densités racinaires, au-delà de 1,2 m de profondeur, à cause de la profondeur racinaire élevée, dépassant 3 m. Les densités racinaires de ces profils augmentent significativement avec l'humidité et les diamètres racinaires fins et moyens, ainsi qu'avec la diminution de la densité apparente des sols. Dans le deuxième cas des profils de nappes superficielles, les valeurs maximums sont déplacées vers le haut des profils par l'élévation des eaux phréatiques.

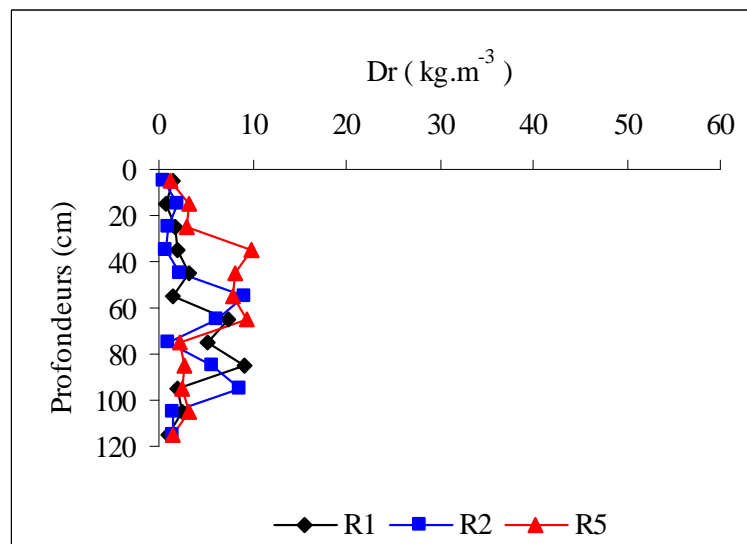


Figure VIII 21. Densités racinaires des palmiers dattiers dans les profils R1, R2 et R5

Les densités racinaires de ces profils augmentent significativement avec l'humidité et les diamètres racinaires moyens et grossiers, et avec la diminution de la densité apparente des

sols. La densité racinaire est plus élevée en présence de nappes superficielles (Fig. VIII 22). Cela montre que les profils de formes d'accumulations réduits de nappes profondes et superficielles présentent respectivement une abondance de racines fines et grossières.

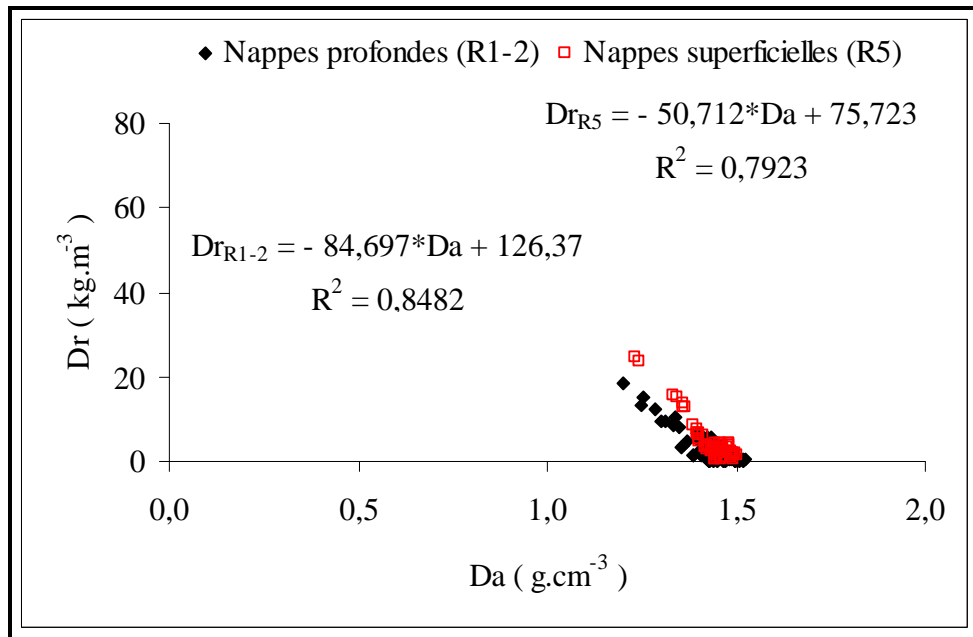


Figure VIII 22. Effet de la compacité des profils R1, R2 et R5 sur la densité racinaire

Les profils de formes d'accumulations réduites-encroûtements (RE2), de nappes phréatiques superficielles, situés au Chott présentent des densités racinaires comprises entre 1,09 à 25,43 $kg.m^{-3}$. Ces mesures restent proches de celles des profils de formes d'accumulations réduites, malgré l'âge de plantation avancé. Les valeurs moyennes maximums sont déplacées vers le haut des profils par l'élévation des eaux phréatiques, et sont comprises entre 20 cm et 70 cm de profondeur (Fig. VIII 23). Elles occupent la partie supérieure des encroûtements gypseux.

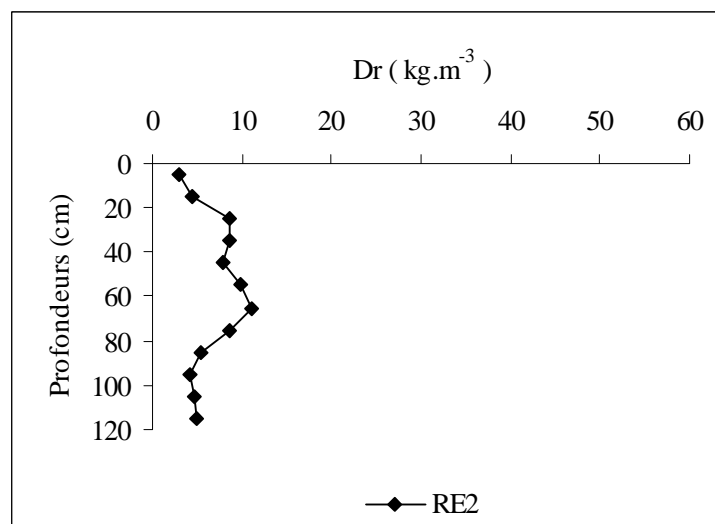


Figure VIII 23. Densités racinaires des palmiers dattiers dans les profils RE2

Les densités racinaires de ces profils augmentent significativement avec les diamètres racinaires grossiers, et avec la diminution de la densité apparente des sols (Fig. VIII 24). Cela montre que ces profils présentent une abondance de racines grossières. Il faut noter que la remontée des eaux phréatiques dans ces zones, dont les niveaux sont compris entre 19,7 et 46,2 cm de profondeur, submerge la zones racinaire et la soumet à l'engorgement et aux effets du stress hydrique.

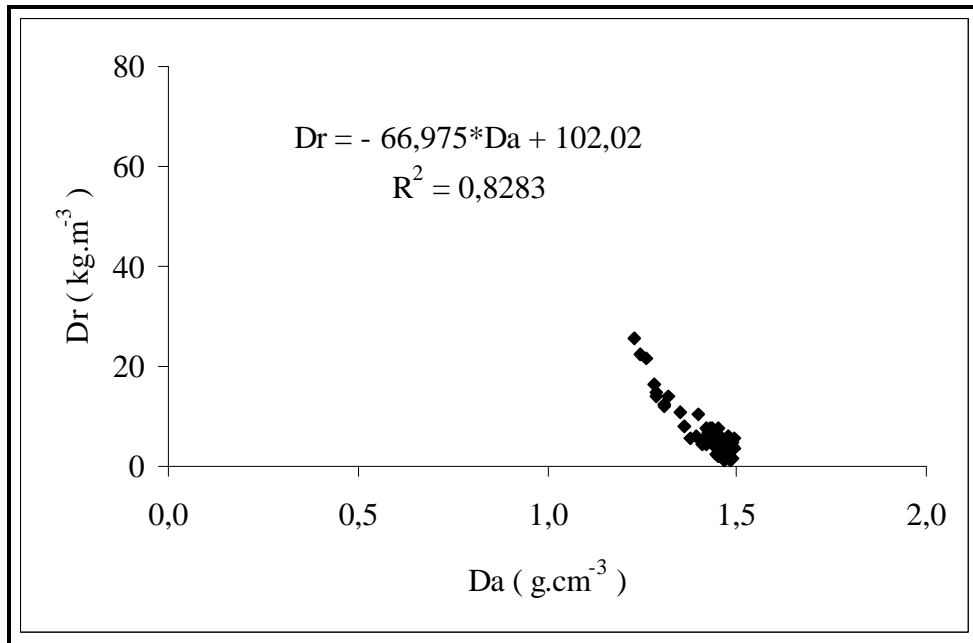


Figure VIII 24. Effet de la compacité des profils RE2 sur la densité racinaire

L'étude montre que les profils de nappes phréatiques superficielles, caractérisés par des formes d'accumulations réduites-encroûtements-croûtes (REC7), présentent des densités racinaires comprises entre 0 et 47,35 kg.m⁻³. Ces valeurs dépassent celles des profils précités, de types réduits ou présentent des encroûtements (R1, R2, R5 et RE2), s'expliquant par la présence de croûtes gypseuses, de forte résistance à la pénétration racinaire, favorisant l'augmentation de la densité racinaire dans les encroûtements au contact des croûtes gypseuses et des eaux phréatiques (Fig. VIII 25).

Les densités racinaires de ces profils augmentent significativement avec les diamètres racinaires moyens et grossiers, et aussi avec la diminution de la densité apparente des sols (Fig. VIII 26). Cela indique que ces profils présentent une abondance de racines moyennes et grossières.

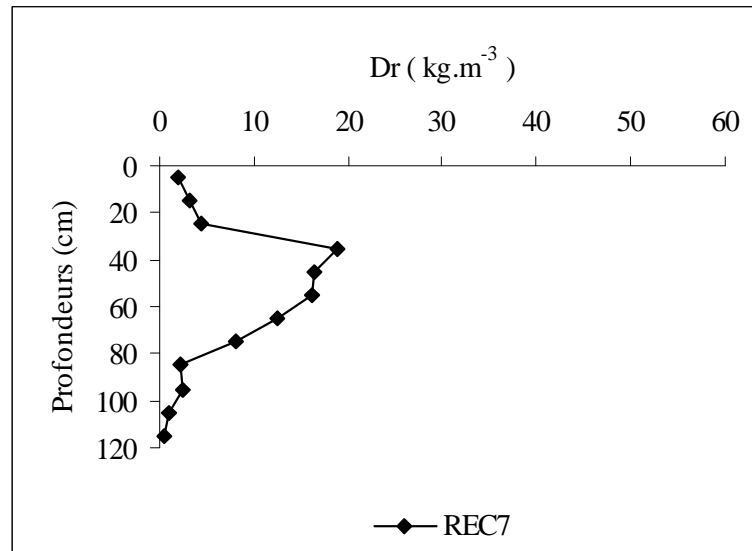


Figure VIII 25. Densités racinaires des palmiers dattiers dans les profils REC7

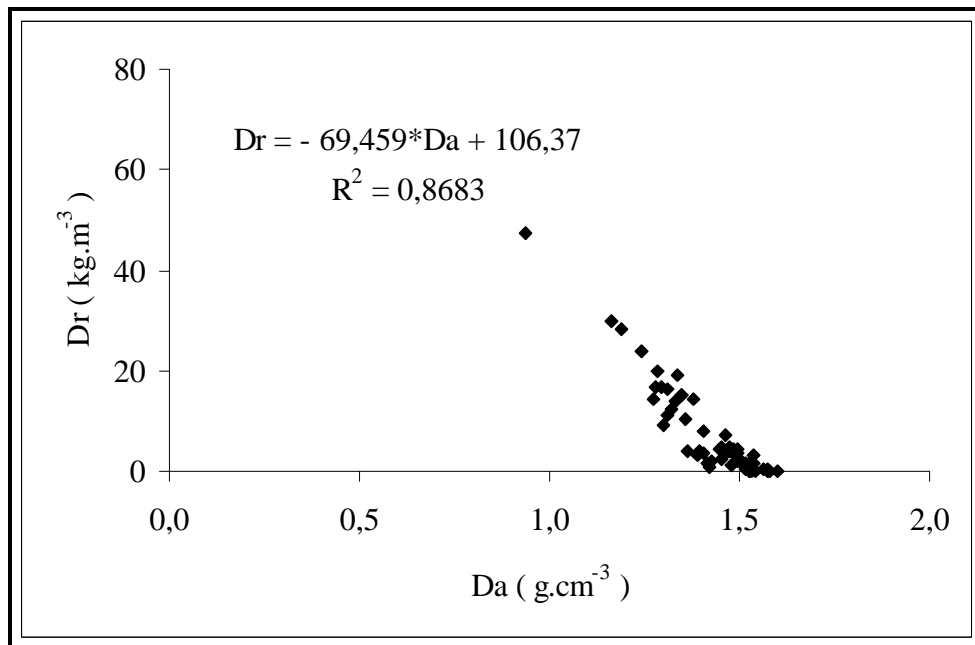


Figure VIII 26. Effet de la compacité des profils REC7 sur la densité racinaire

2.1.3.3. Discussion

L'étude des densités racinaires montre qu'elle ne varie pas avec l'âge des palmiers dattiers, mais avec l'importance des contraintes hydro-mécaniques.

Nous remarquons que les densités racinaires des profils de formes d'accumulations réduites varient avec le niveau des nappes phréatiques. Les palmiers dattiers concentrent leur développement racinaire au-dessus de la zone hydromorphe. La densité racinaire semble augmenter considérablement avec la remontée des eaux phréatiques. Cependant, ses valeurs restent rapprochées et leur distribution continue vers le fond des profils de nappes et d'enracinement profond, dépassant 3 m de profondeur. L'augmentation de la compacité des

sols produit la diminution de la densité racinaire dans les profils. La densité racinaire devient importante avec l'augmentation de l'humidité des sols, des diamètres des racines fines à grossières en nappes profondes, des diamètres des racines grossières en nappes moyennement profondes et des diamètres des racines moyennes et grossières en nappes superficielles. L'étude dénote que les racines fines sont abondantes dans les profils de Hassi Ben Abdallah, de nappes profondes, pauvres en accumulations gypso-salines et irrigués avec des eaux moins chargées en sels.

Dans les profils de formes d'accumulations réduites-encroûtements de nappes phréatiques profondes et superficielles, les densités racinaires deviennent importantes au centre des profils, au niveau des encroûtements. Il semble qu'en l'absence de nappes superficielles, le fond des encroûtements gypso-calcaires riches en éléments grossiers, compact n'est pas favorable au développement racinaire où on constate une faible densité racinaire. Toutefois, l'élévation du niveau des eaux phréatiques produit une augmentation de la densité racinaire vers le haut des profils, dans la partie supérieure des encroûtement, moins hydromorphe. La densité racinaire diminue vers le fond des profils submergés par les eaux phréatiques à cause de l'effet du stress hydrique. La densité racinaire augmente avec les diamètres des racines grossières et la diminution de la compacité des sols.

Les profils de formes d'accumulations réduites-encroûtements-croûtes ou réduites-croûtes, de nappes profondes à superficielles, présentent des densités racinaires supérieures à ceux de types réduites ou réduites-encroûtements. La compacité des croûtes gypseuses ou gypso-calcaires, riches en éléments grossiers, augmentent la résistance mécanique à la pénétration racinaire et favorisent l'augmentation de la densité racinaire dans les encroûtements, au contact des croûtes gypseuses et des eaux phréatiques. La densité racinaire augmente avec l'humidité des sols et les diamètres des racines moyennes et grossières dans l'ensemble, et avec les diamètres des racines fines dans les sols de nappes moyennement profondes. Les racines fines semblent donc moins abondantes en présence de nappes superficielles et profondes. Il semble que l'excès d'eau ou son manque réduit le développement des racines fines, et vice versa pour le juste milieu en présence de nappes moyennement profondes. L'augmentation de la compacité dans les profils des sols réduit la densité racinaire des palmiers dattiers. Cette dernière devient plus élevée en nappes profondes, car parallèlement à l'effet des obstacles mécaniques, l'état de dessèchement des sols favorise le développement racinaire afin de mieux exploiter les réserves des sols en eau.

2.1.4. Profondeurs racinaires

Les mesures des profondeurs racinaires effectuées au cours de notre étude indiquent une variabilité liée aux conditions hydro-édaphiques de nappes phréatiques et de croûtes gypseuses dans les stations d'études. L'âge de plantation des palmiers dattiers n'a pas d'effet significatif sur les profondeurs racinaires des palmiers Déglet Nour.

2.1.4.1. Palmiers dattiers de même âge

Les résultats obtenus avec les palmiers dattiers d'âge de plantation de 44 ans dans l'exploitation de l'université de Ouargla montrent que les profondeurs racinaires varient de 88 à 201 cm. Elles sont conditionnées par l'environnement hydro-édaphique et varient en fonction des types de profils d'accumulations et du niveau de la nappe phréatique (Fig. VIII 27).

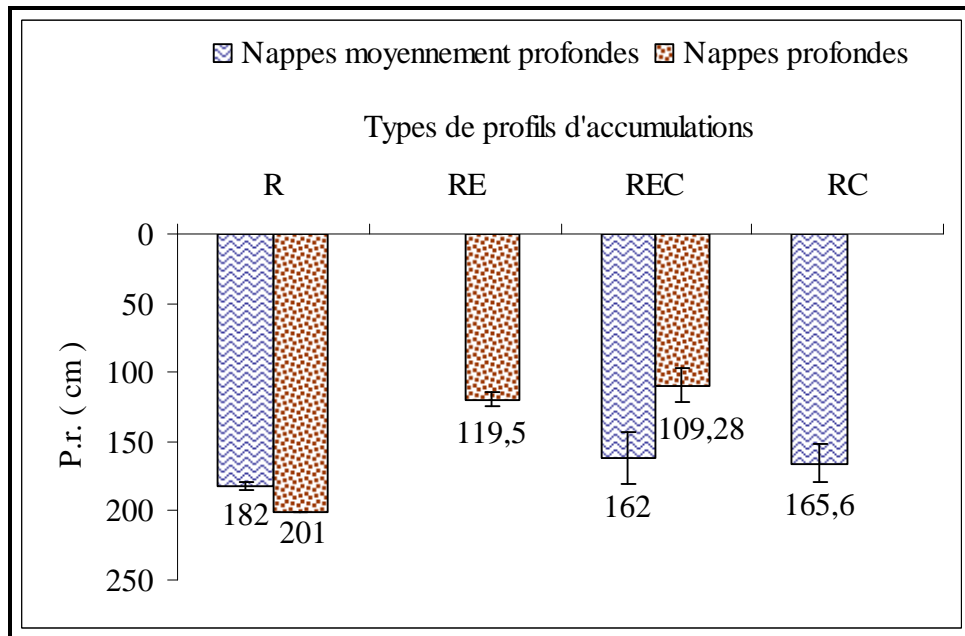


Figure VIII 27. Impact des profils d'accumulations à différents niveaux de nappes sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de même âge

Les profondeurs racinaires en conditions de nappes profondes varient de 88 à 201 cm. Elles deviennent moins profondes avec l'importance des profils d'accumulations gypso-calcaires : réduites (R), d'encroûtements (RE) et de croûtes (REC). Toutefois, l'élévation des niveaux des croûtes gypso-calcaires favorise significativement la diminution des profondeurs racinaires (Fig. VIII 28). Il faut noter que la profondeur racinaire maximum de 201 cm enregistrée dans le demi-secteur A1 est faible par rapport à une profondeur de nappe supérieure à 3 m dans un profil d'accumulation gypso-calcaire réduit (R). Cela s'explique par le rabattement de la nappe phréatique dans l'exploitation de l'université de Ouargla. Le niveau de la nappe phréatique a subi un rabattement entre 2000 et 2003. L'étude réalisée dans

le demi-secteur C du même site (DADDI BOUHOUN et BRINIS, 2006), à côté du demi-secteur A, montre que la profondeur de la nappe phréatique est passée de 70-82 cm en 2000 à 220-232 cm au moment de notre étude. Les causes de ce rabattement semblent être liées à la diminution des doses d'irrigation après l'arrêt d'un forage parmi les deux existants. La sécheresse et le niveau de drainage dans cette zone de la cuvette sont autant de facteurs à prendre en considération.

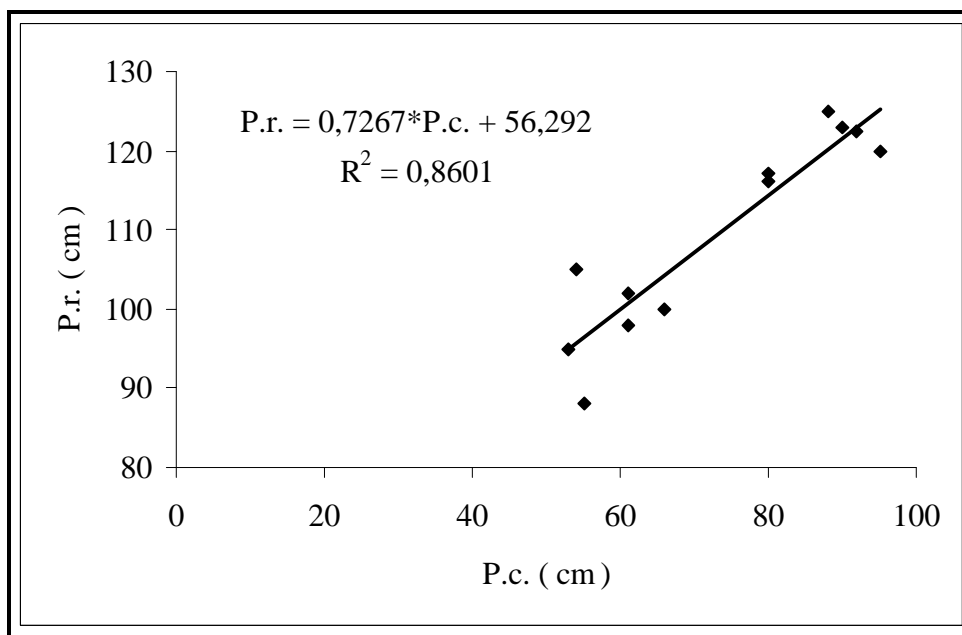


Figure VIII 28. Impact des niveaux des croûtes en zones de nappes phréatiques profondes sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de même âge

Cependant, en zones de nappes moyennement profondes, les profondeurs racinaires varient de 150 à 184 cm. L'élévation des niveaux des croûtes gypso-calcaires et des nappes phréatiques favorise significativement la diminution des profondeurs racinaires (Fig. VIII 29).

Les caractéristiques analytiques des eaux phréatiques n'ont pas une action significative sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers. Toutefois, nous remarquons que la densité apparente moyenne des couches des sols situées entre 0 et 1,2 m augmente avec l'importance des accumulations gypso-calcaires, notamment en profils de croûtes (Fig. VIII 30). La profondeur racinaire augmente significativement avec la diminution de la densité apparente moyenne dans les profils (Fig. VIII 31). Les croûtes constituent des obstacles mécaniques, limitant le développement du système racinaire en profondeur à cause de leur compacité. Cet effet est significatif en sols de croûtes-nappes profondes (Fig. VIII 32). Il apparaît aussi que l'humidité des sols a tendance à diminuer avec l'augmentation des formes d'accumulations gypso-calcaires dans les profils de nappes profondes, et contrairement pour les profils de nappes moyennement profondes (Fig. VIII 33).

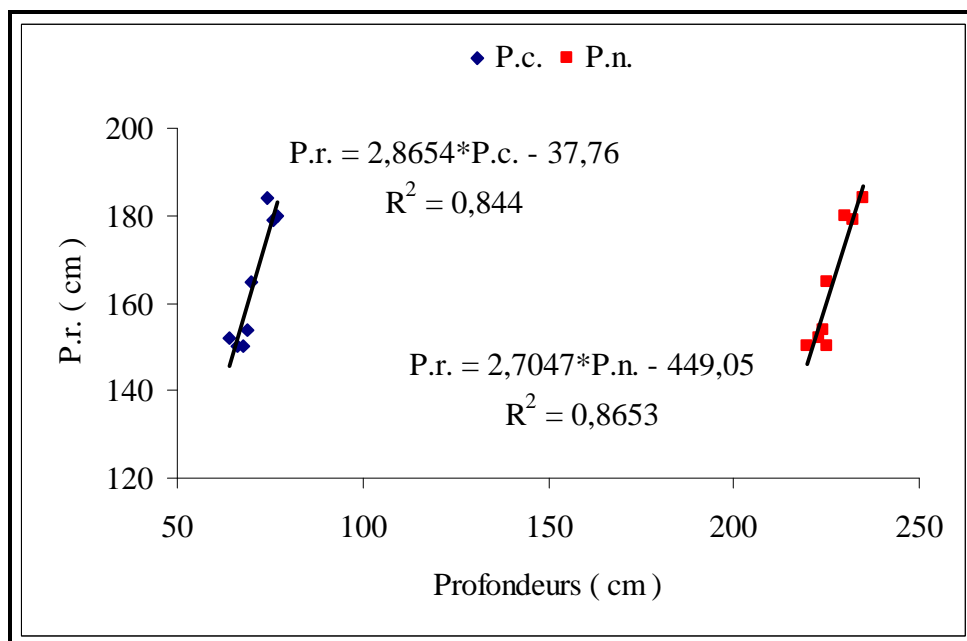


Figure VIII 29. Impact des niveaux des croûtes et des nappes phréatiques moyennement profondes sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de même âge

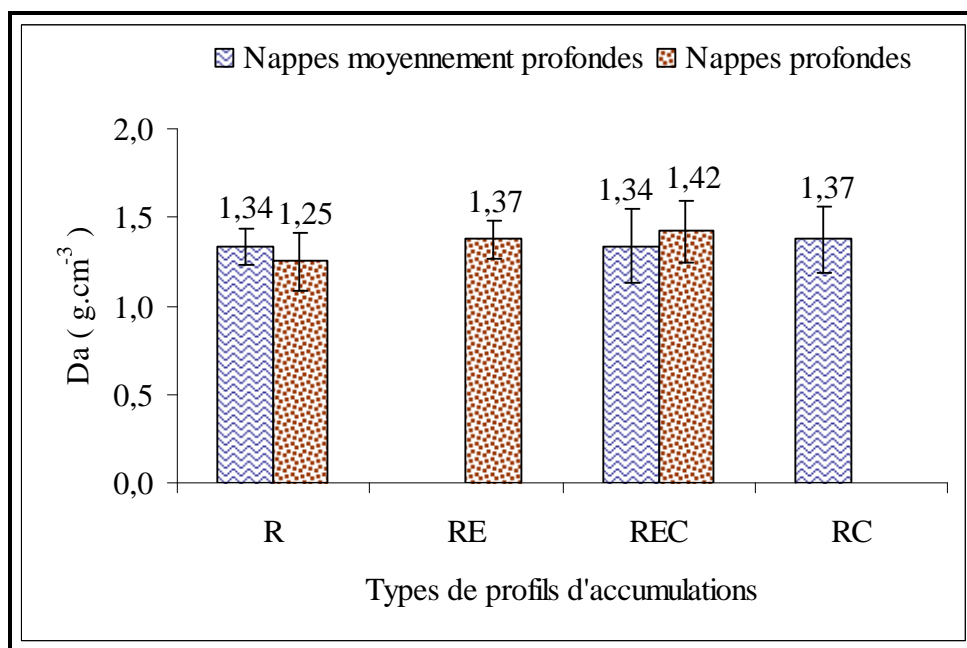


Figure VIII 30. Evolution des densités apparentes des sols avec les types de profils d'accumulations en palmeraies de même âge

En zones de nappes profondes, l'absorption en eau des palmiers dattiers devient limitée avec l'élévation des croûtes, ce qui produit le dessèchement des sols sous l'effet de la pression osmotique élevée des palmiers dattiers (Fig. VIII 34). Nous observons qu'avec l'assèchement, les croûtes deviennent plus compactes et plus résistantes à la pénétration racinaire, ce qui augmente significativement la densité racinaire à leur niveau et diminue la profondeur racinaire dans les profils. Toutefois, le coefficient de régression R^2 enregistré entre

les deux derniers paramètres reste faible, à cause de l'hétérogénéité des profils des sols.

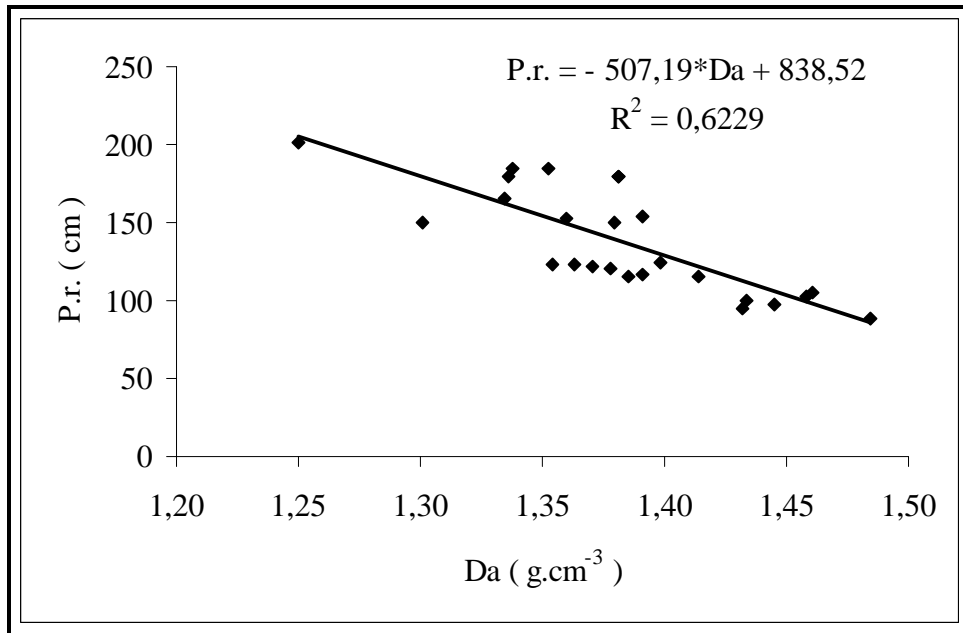


Figure VIII 31. Impact de la compaction moyenne des profils des sols sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de même âge

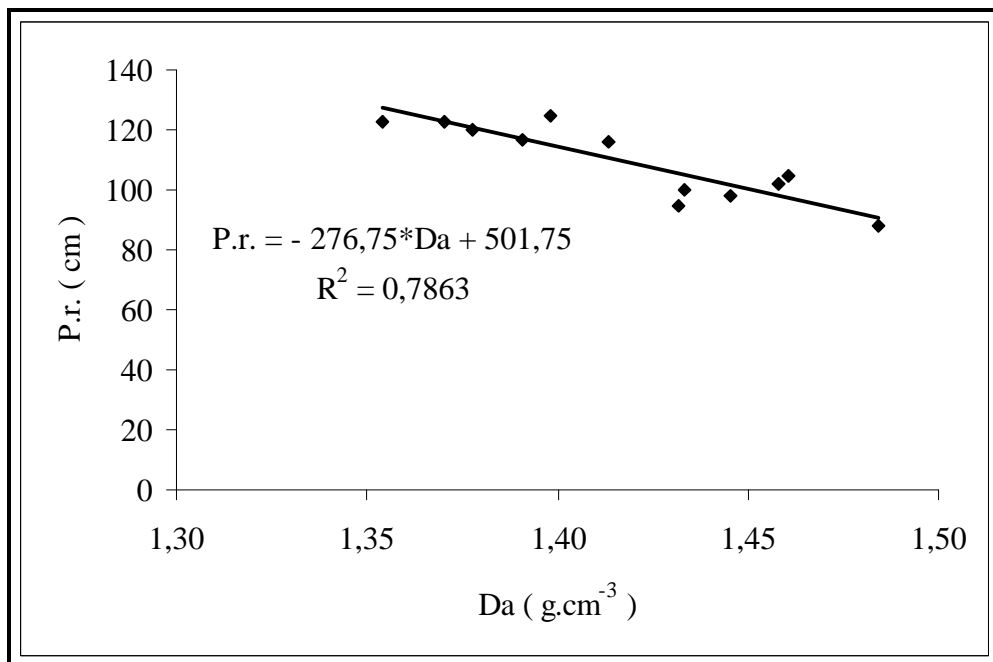


Figure VIII 32. Impact de la compaction moyenne des profils des sols en zones de croûtes-nappes profondes sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de même âge

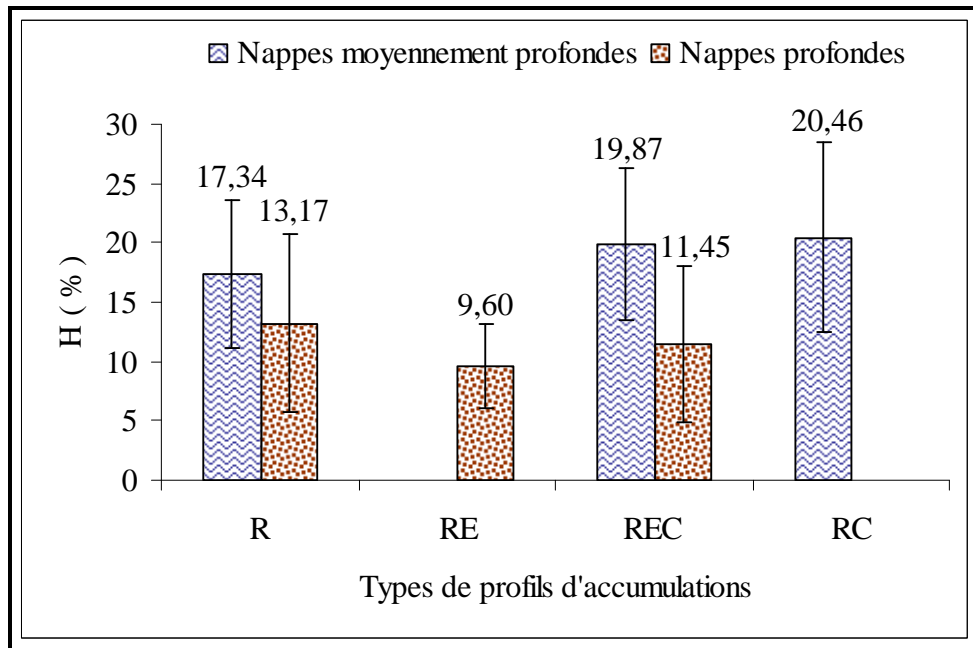


Figure VIII 33. Evolution des humidités des sols avec les types de profils d'accumulations en palmeraies de même âge

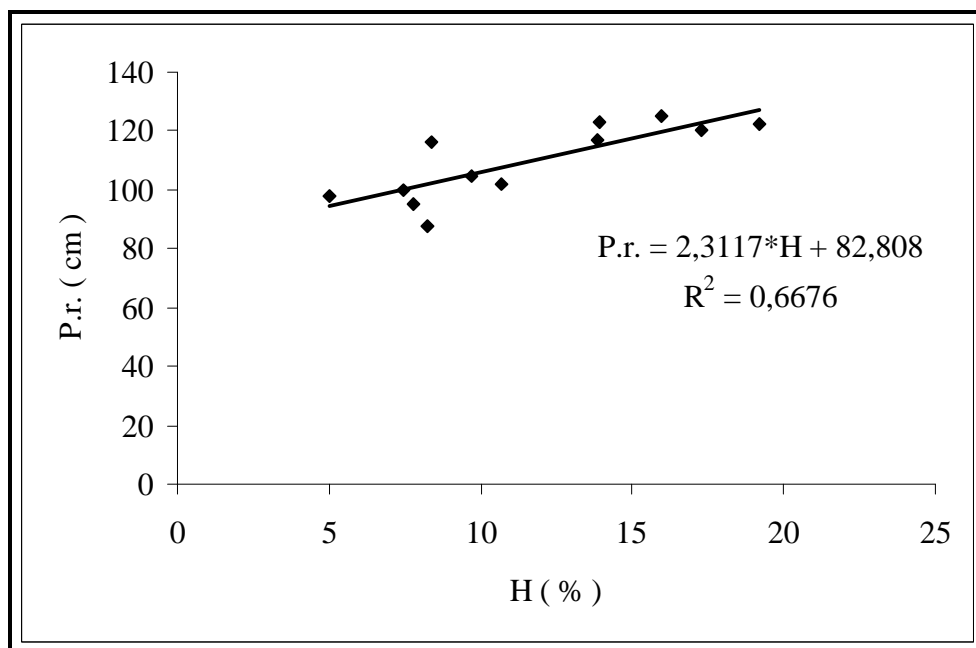


Figure VIII 34. Impact de l'humidité des sols en zones de croûtes-nappes profondes sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de même âge

En zones de croûtes-nappes moyennement profondes, avec l'élévation du niveau de la nappe phréatique et l'irrigation, les sols arrivent à saturation, ce qui limite la profondeur racinaire, mais cette relation n'atteint pas un degré significatif. Cependant, la densité racinaire au niveau des croûtes augmente significativement avec la diminution de la profondeur racinaire, à cause de la compacité des croûtes et de leur engorgement en eau (Fig. VIII 35).

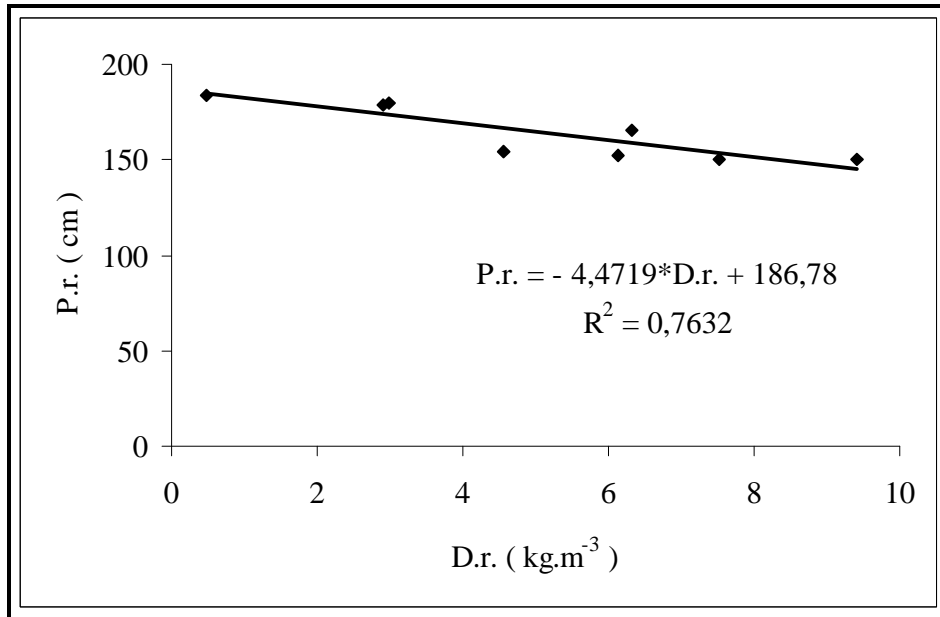


Figure VIII 35. Relations entre la densité racinaire au niveau des croûtes avec la profondeur racinaire des palmiers dattiers de même âge en zones de nappes moyennement profondes

2.1.4.2. Palmiers dattiers de différents âges

Les profondeurs racinaires ne sont pas liées à l'âge de plantation des palmiers dattiers, mais aux niveaux des nappes et des accumulations gypseuses. Elles diminuent avec l'élévation des niveaux des nappes phréatiques, et avec l'évolution des profils d'accumulations de type réduites (R) vers celui de croûtes (REC). Toutefois, l'élévation des niveaux des croûtes gypso-calcaires favorise significativement la diminution des profondeurs racinaires (Fig. VIII 36).

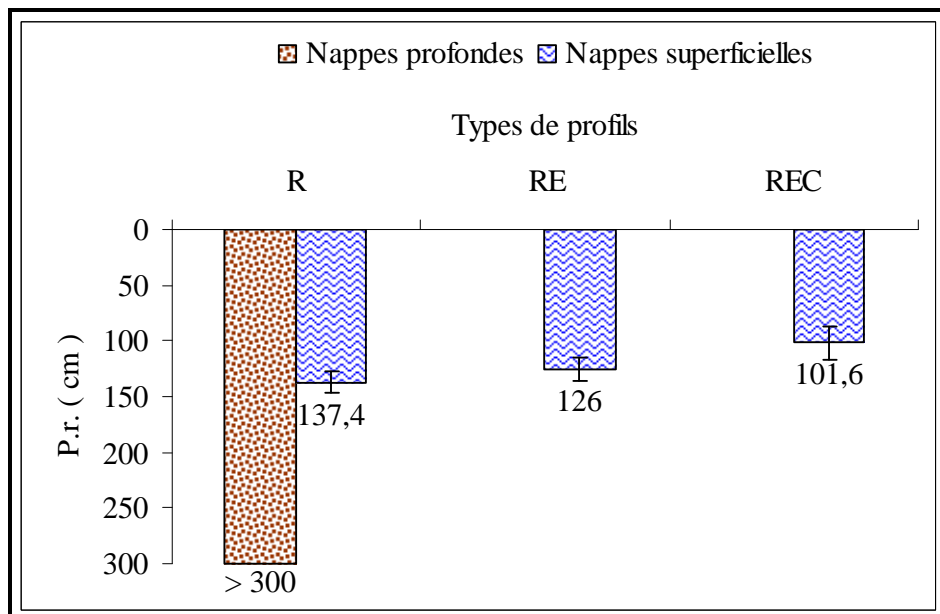


Figure VIII 36. Impact des profils d'accumulations à différents niveaux de nappes sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de différents âges

L'élévation des niveaux des nappes phréatiques produit la diminution des profondeurs racinaires des palmiers dattiers de 16 et 38 ans (P.r.₁₆₋₃₈), en zones sans croûtes à Ain El-Beïda et au Chott (Fig. VIII 37). Cet effet devient grave en présence de la croûte gypseuse à Mékhadma (Fig. VIII 38), qui limite davantage les profondeurs racinaires des palmiers dattiers, âgés de 20 ans (P.r.₂₀).

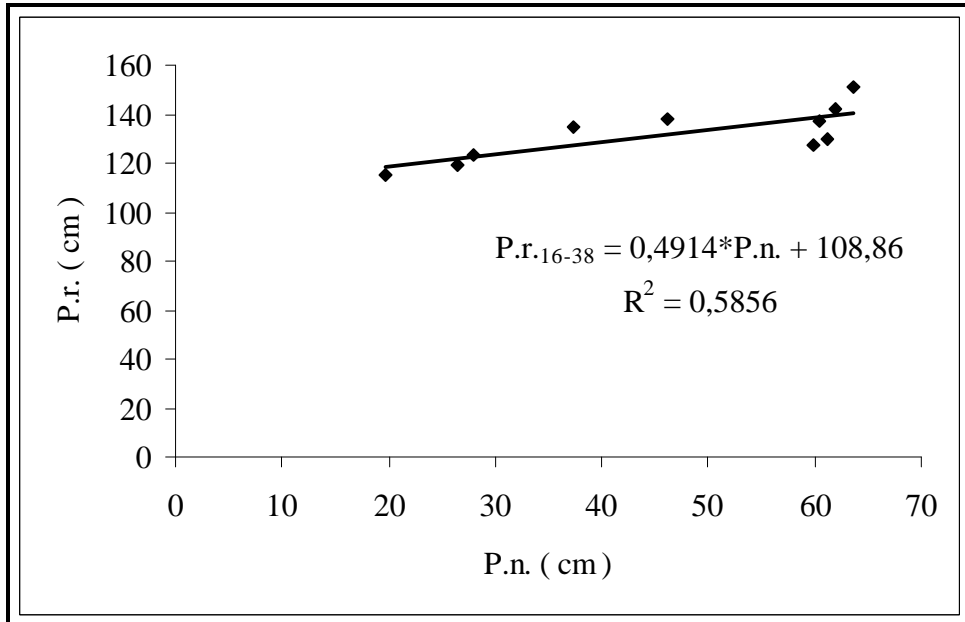


Figure VIII 37. Impact des niveaux de nappes superficielles sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de différents âges en zones sans croûtes

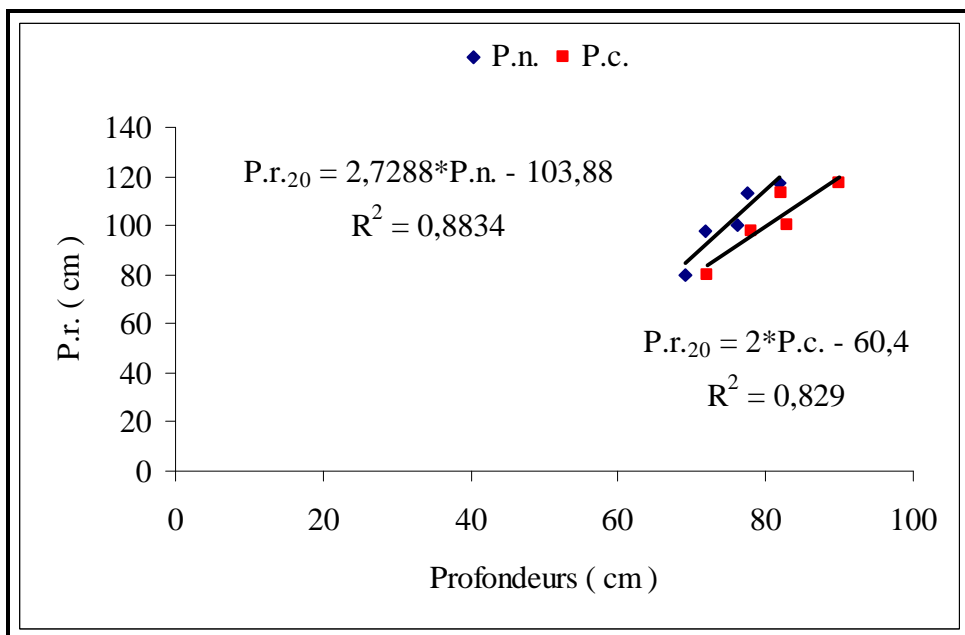


Figure VIII 38. Impact des niveaux des croûtes sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de différents âges en zones de nappes phréatiques superficielles

En zones sans croûtes, l'augmentation du degré de salinité, de la charge saline et du pH des eaux phréatiques superficielles favorise significativement la diminution des profondeurs racinaires (Fig. VIII 39, 40 et 41). L'effet de la qualité des eaux phréatiques devient non significatif en présence des croûtes gypseuses à Mékhadma.

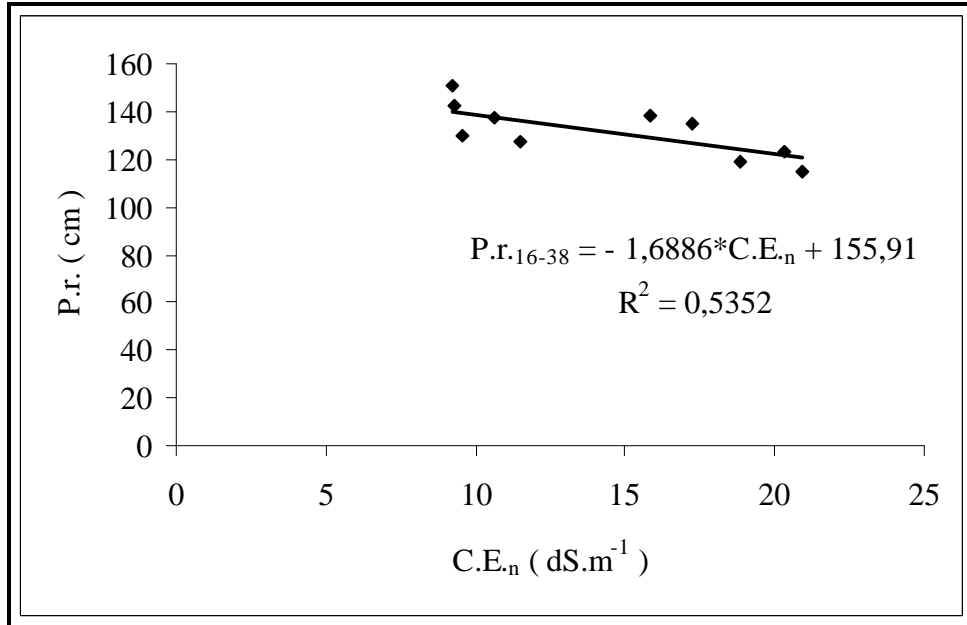


Figure VIII 39. Impact des degrés de salinités des eaux phréatiques superficielles sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de différents âges

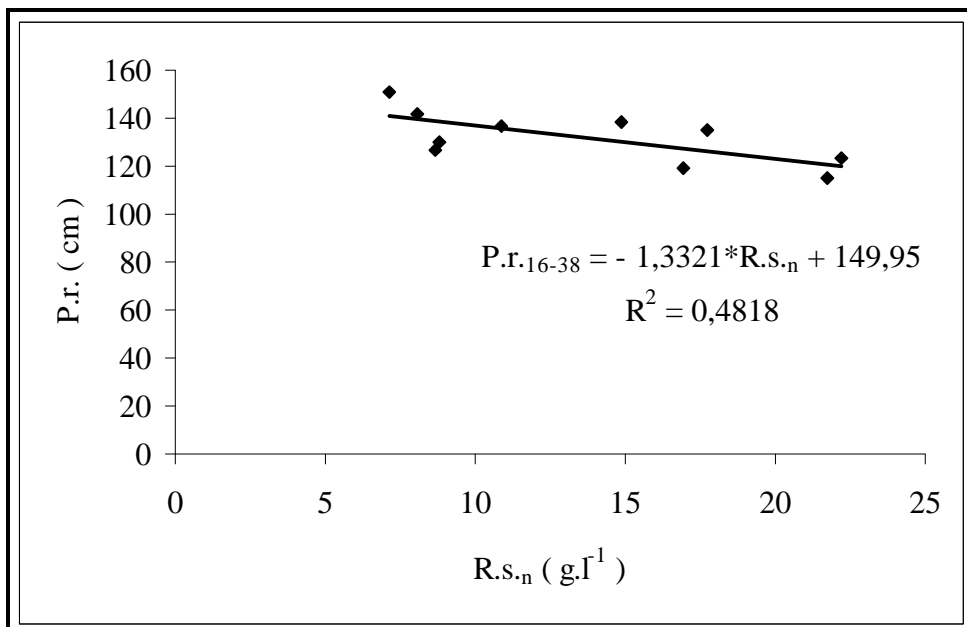


Figure VIII 40. Impact des charges salines des eaux phréatiques superficielles sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de différents âges

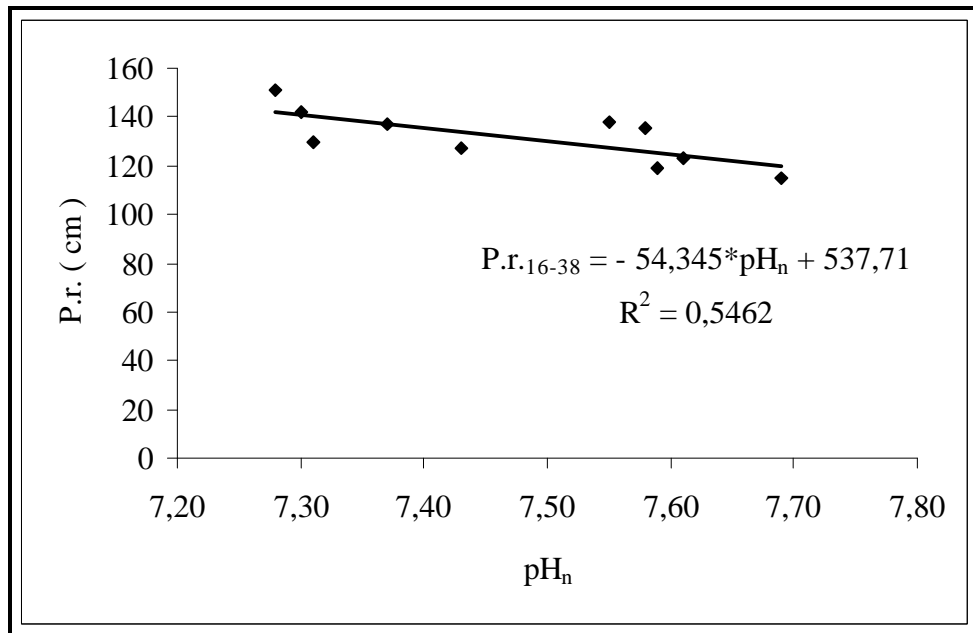


Figure VIII 41. Impact des pH des eaux phréatiques superficielles sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de différents âges

2.1.4.3. Discussion

L'enracinement des palmiers dattiers est conditionné par le type de profils d'accumulation gypso-calcaire, notamment le niveau des croûtes et le niveau des nappes phréatiques. En situation de nappes profondes, et en l'absence d'obstacles mécaniques, l'enracinement des palmiers dattiers devient profond et dépasse 3 m de profondeur. L'augmentation des accumulations gypso-calcaires et leur compaction dans les profils, produit un stress mécanique qui freine la progression racinaire en profondeur et accentue l'engorgement en présence de nappe superficielle. L'élévation de celle-ci crée des conditions d'hydromorphie, avec des effets de stress salin et hydrique par excès sur le développement racinaire. Les conditions salines et d'anoxie limitent l'approfondissement racinaire des palmiers dattiers.

L'élévation des croûtes gypso-calcaires en nappes profondes favorise le dessèchement des sols. Cela montre que les doses d'irrigation utilisées dans ces zones ne couvrent pas les besoins des palmiers dattiers. Contrairement, les nappes phréatiques superficielles favorisent la saturation des sols en eau. Il sera donc nécessaire de prendre en compte dans l'estimation des doses d'irrigations, les niveaux des croûtes et des nappes phréatiques, car elles sont intimement liées au niveau de l'enracinement.

Lorsque le niveau du système racinaire des palmiers dattiers est limité seulement par le niveau des nappes phréatiques superficielles, les profondeurs racinaires diminuent significativement avec l'augmentation de la salinité et de l'alcalinité des eaux phréatiques. Cet

effet devient non significatif en présence d'obstacles mécaniques de croûtes gypseuses. Car cette dernière semble limiter le contact des eaux phréatiques avec le système racinaire des palmiers dattiers.

2.2. Hauteurs des racines aériennes

Les résultats de l'étude des hauteurs des racines aériennes montrent une variabilité liée aux conditions hydro-édaphiques des stations d'études et à l'âge de plantation des palmiers dattiers Déglet Nour.

2.2.1. Palmiers dattiers de même âge

L'étude réalisée sur des palmiers dattiers d'âge de plantation de 44 ans dans l'exploitation de l'université de Ouargla montre que la hauteur des racines aériennes varie de 21 à 76 cm. Les conditions hydro-édaphiques semblent avoir une influence sur la hauteur des racines aériennes. Elles varient en fonction du type de profil d'accumulation et du niveau de la nappe phréatique (Fig. VIII 42).

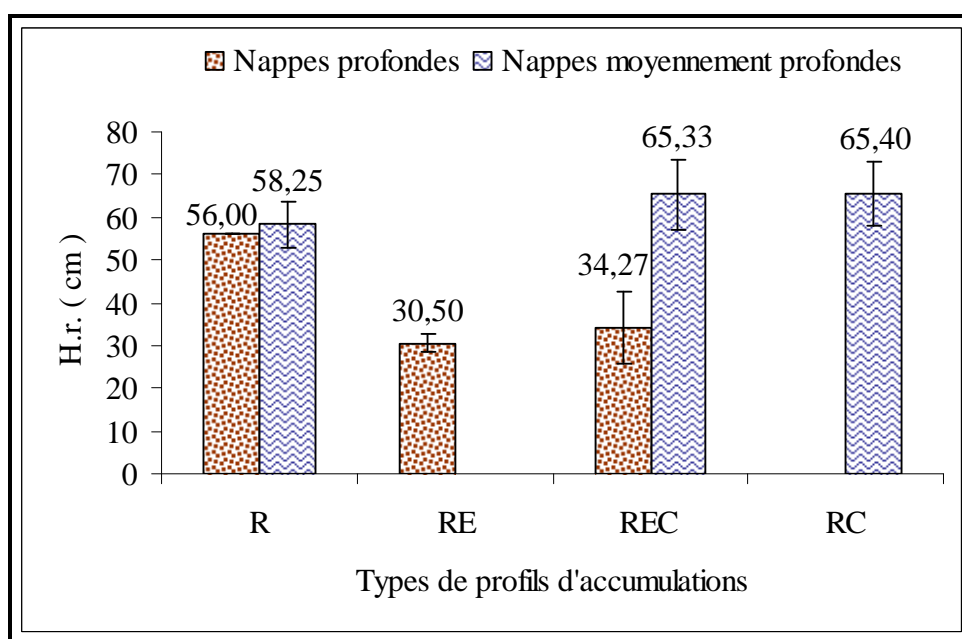


Figure VIII 42. Impact des profils d'accumulations à différents niveaux de nappes sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de même âge

En conditions de nappes profondes, les hauteurs varient de 21 à 56 cm et les profils d'accumulations gypso-calcaires d'encroûtements (RE) et de croûtes (REC) semblent réduire le développement des hauteurs des racines aériennes par rapport aux profils d'accumulations réduit (R). Toutefois, l'élévation des niveaux des croûtes gypso-calcaires favorise significativement l'augmentation des hauteurs des racines aériennes (Fig. VIII 43).

En zones de nappes moyennement profondes, les hauteurs varient de 54,5 à 76 cm. L'élévation des niveaux des croûtes gypso-calcaires et des nappes phréatiques favorise

significativement l'augmentation des hauteurs des racines aériennes (Fig. VIII 44).

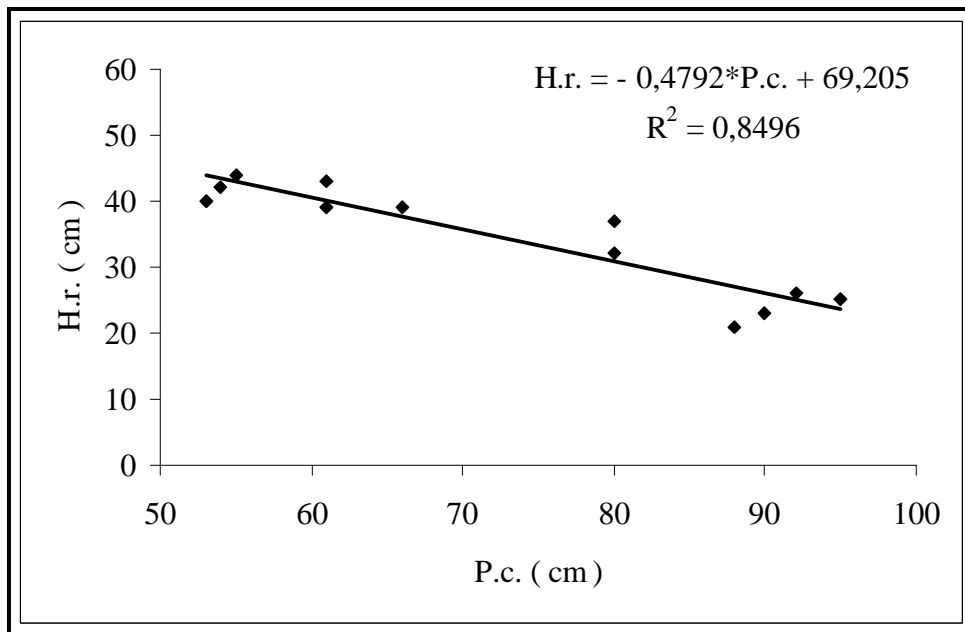


Figure VIII 43. Impact des niveaux des croûtes en zones de nappes phréatiques profondes sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de même âge

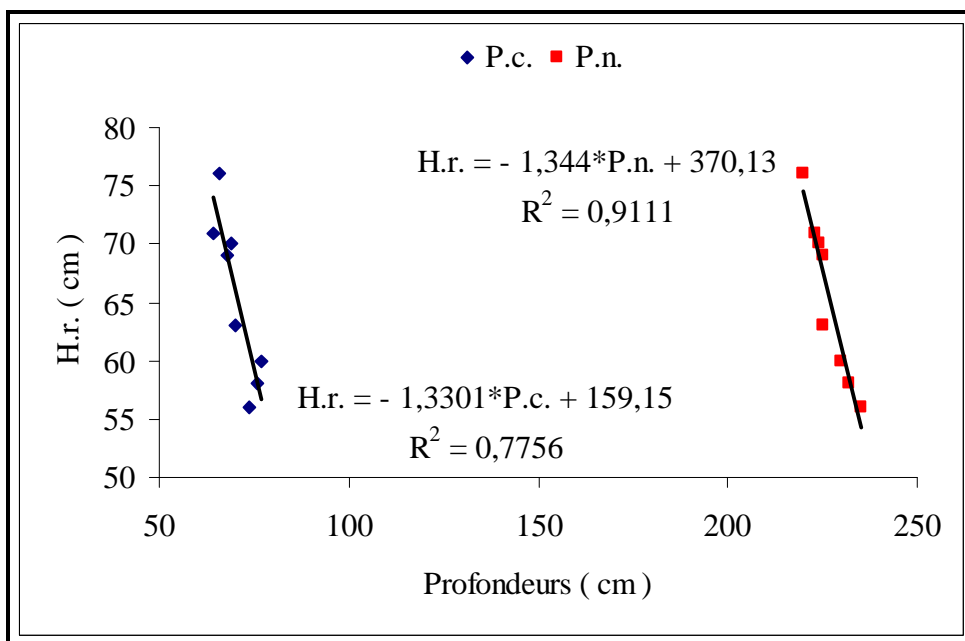


Figure VIII 44. Impact des niveaux des croûtes et des nappes phréatiques moyennement profondes sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de même âge

Certaines caractéristiques analytiques des profils de sols ont un effet significatif sur les hauteurs des racines aériennes. L'augmentation de la densité apparente moyenne des couches de sols situées entre 0 et 1,2 m de profondeur produit l'augmentation de la hauteur des racines aériennes. Les relations varient avec le niveau des nappes phréatiques (Fig. VIII 45), avec une relation significative en zones de croûtes-nappes profondes : $H.r. = 185,1*Da - 228,24$ ($R^2 =$

0,7992).

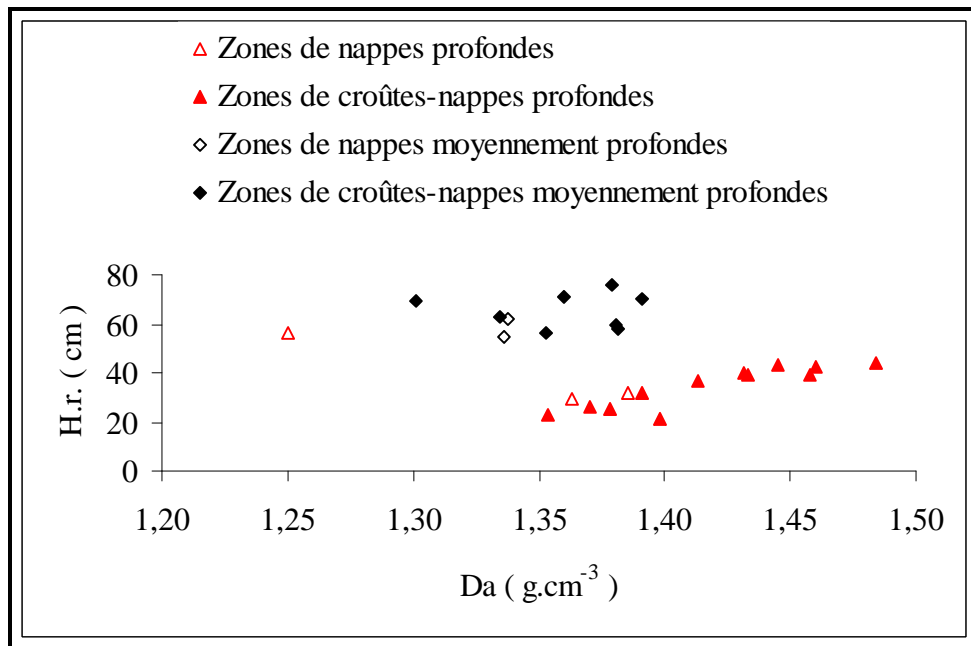


Figure VIII 45. Impact de la compaction des sols sur les hauteurs des racines aériennes de palmiers dattiers de même âge

La compacité de ces croûtes limite la zone d'absorption racinaire et produit ainsi le dessèchement des sols, conditionné par les apports d'irrigation (Fig. VIII 46).

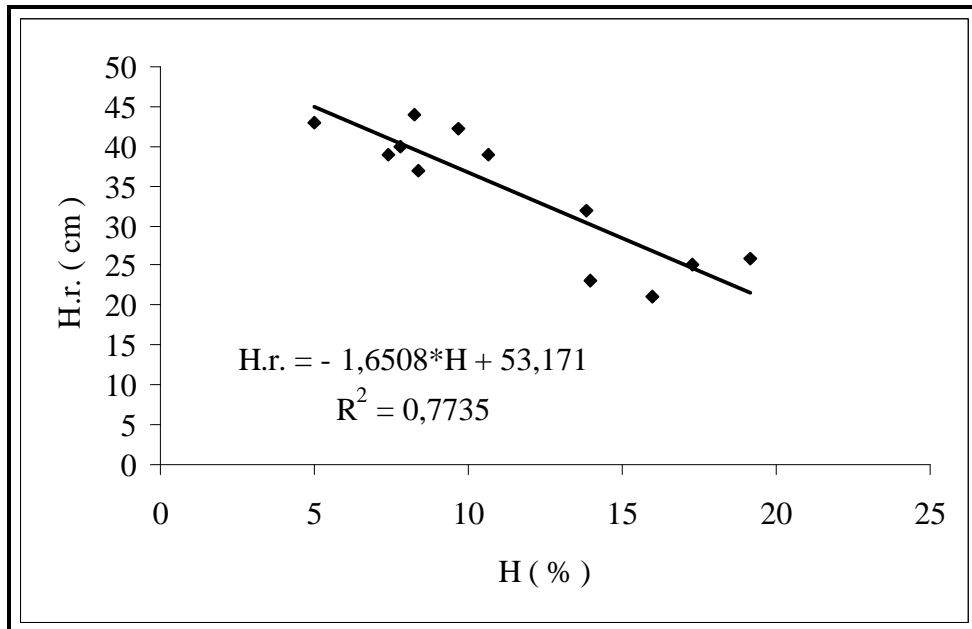


Figure VIII 46. Impact de l'humidité des sols en zones de croûtes-nappes profondes sur les hauteurs des racines aériennes de palmiers dattiers de même âge

Il apparaît que la hauteur des racines aériennes augmente avec la diminution des profondeurs racinaires des palmiers dattiers. Les relations entre ces deux paramètres sont différentes entre les zones de croûtes-nappes profondes et moyennement profondes (Fig. VIII

47). En zones de croûtes-nappes moyennement profondes, avec l'élévation du niveau de la nappe phréatique, les sols deviennent saturés en eau, ce qui augmente la hauteur des racines aériennes, mais cette relation n'atteint pas un degré significatif. Les autres caractéristiques analytiques de sols et de nappes phréatiques n'ont pas d'effets significatifs sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers.

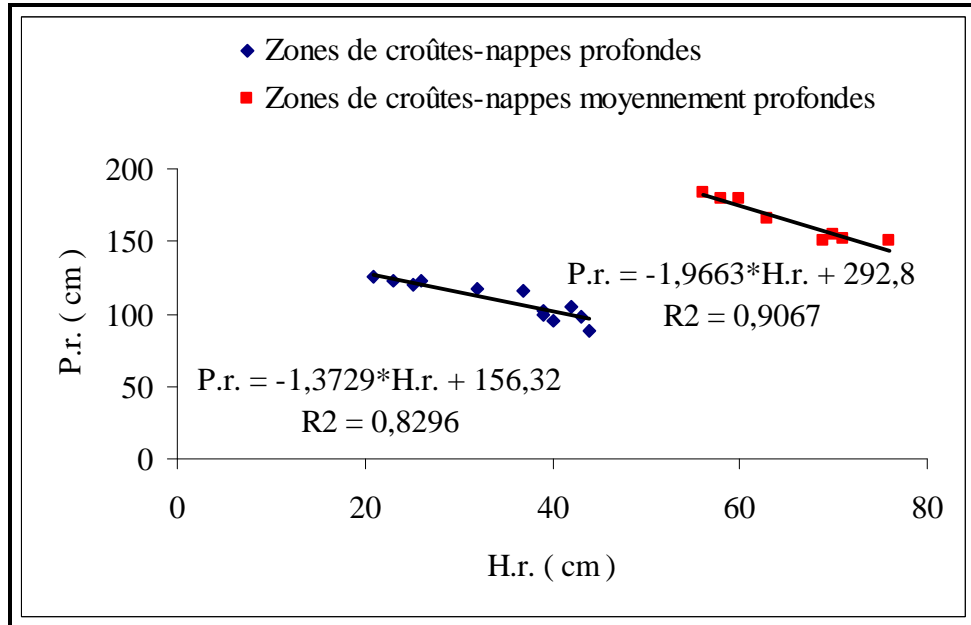


Figure VIII 47. Impact des hauteurs des racines aériennes sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de même âge

2.2.2. Palmiers dattiers de différents âges

L'étude réalisée sur des palmiers dattiers de différents âges de plantations, situés dans le milieu dégradé au fond de la cuvette de Ouargla et dans le versant non dégradé de celle-ci. Les stations expérimentales dégradées de Ain El-Beïda, Chott et celle de Mékhadma présentent des palmiers dattiers, âgés respectivement de 16, 38 et 20 ans. Elles se caractérisent par un milieu stressant gypso-salin, de nappes phréatiques superficielles, avec des profils d'accumulations de types, R, RE et REC, situés respectivement à Ain El-Beïda, Chott et à Mékhadma, de croûtes superficielles. La station de Hassi Ben Abdallah située au versant de la cuvette est quant à elle non dégradée, pauvre en sels solubles et peu solubles, et de nappes phréatiques profondes. Elle présente des palmiers dattiers ayant un âge de plantation de 33 ans. Les résultats montrent que les hauteurs des racines aériennes varient de 15,3 à 90 cm. Elles augmentent avec l'âge de plantation des palmiers dattiers (Fig. VIII 48).

Les conditions hydro-édaphiques semblent avoir un effet variable sur la hauteur des racines aériennes. L'effet des types de profils d'accumulations dans différents niveaux de nappes phréatiques n'apparaît pas clairement, vu les différences d'âges de plantations des

palmiers dattiers (Fig. VIII 49). Toutefois, nous constatons que l'augmentation des profondeurs de la nappe phréatique dans les profils R, RE et REC, et de la croûte gypseuse dans les profils REC conduisent significativement à la diminution des hauteurs des racines aériennes.

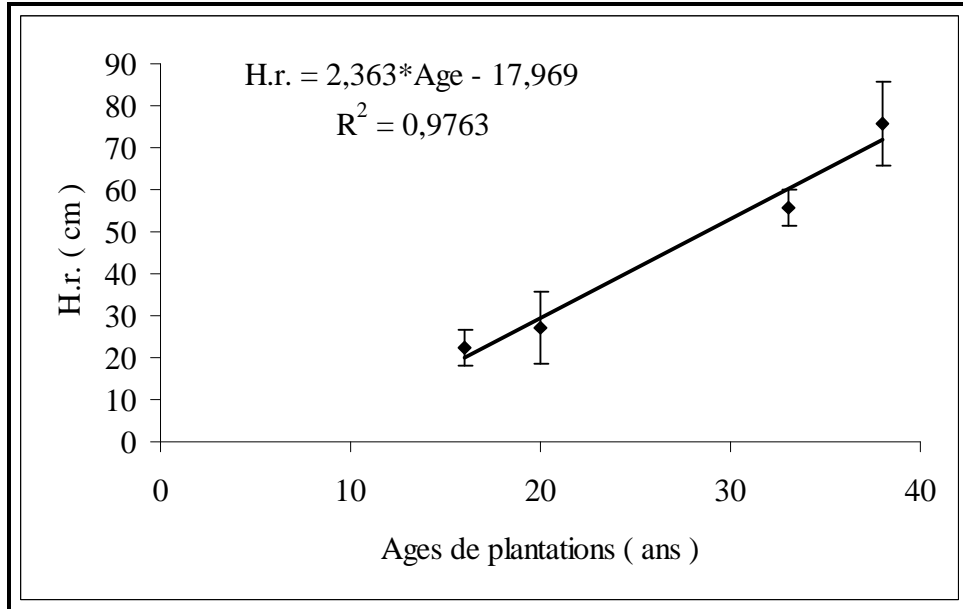


Figure VIII 48. Impact des âges de plantation des palmiers dattiers sur les hauteurs des racines aériennes dans les conditions hydro-édaphiques de la cuvette de Ouargla

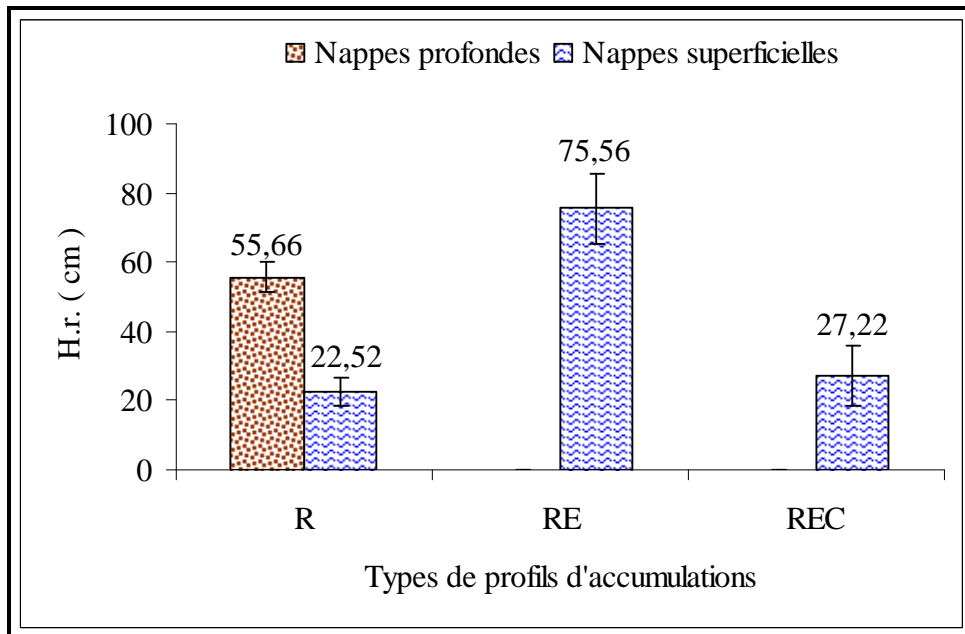


Figure VIII 49. Impact des profils d'accumulations à différents niveaux de nappes sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de différents âges

L'élévation des niveaux des nappes favorise le développement des hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de 16 et 38 ans (H.r.₁₆₋₃₈), en zones sans croûtes à Ain

El-Beïda et au Chott (Fig. VIII 50). Cet effet devient grave en présence de la croûte gypseuse à Mékhadma qui incite les palmiers dattiers âgés de 20 ans (H.r.₂₀) à développer leur système racinaire aérien (Fig. VIII 51). Ces obstacles hydro-mécaniques favorisent le développement du système racinaire aérien, parallèlement à la diminution de la profondeur racinaire (Fig. VIII 52).

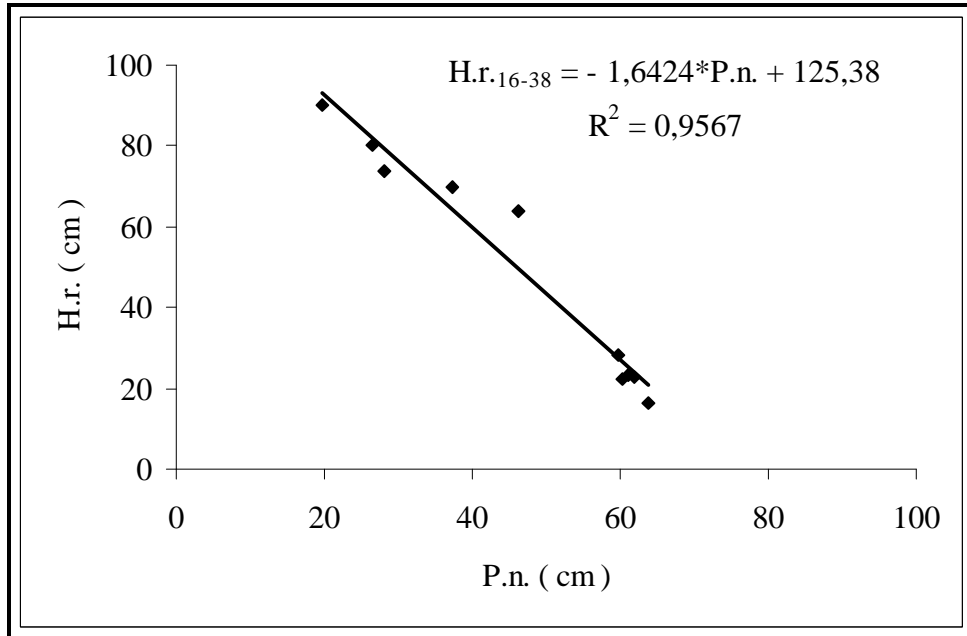


Figure VIII 50. Impact des niveaux des nappes superficielles sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de différents âges en zones sans croûtes

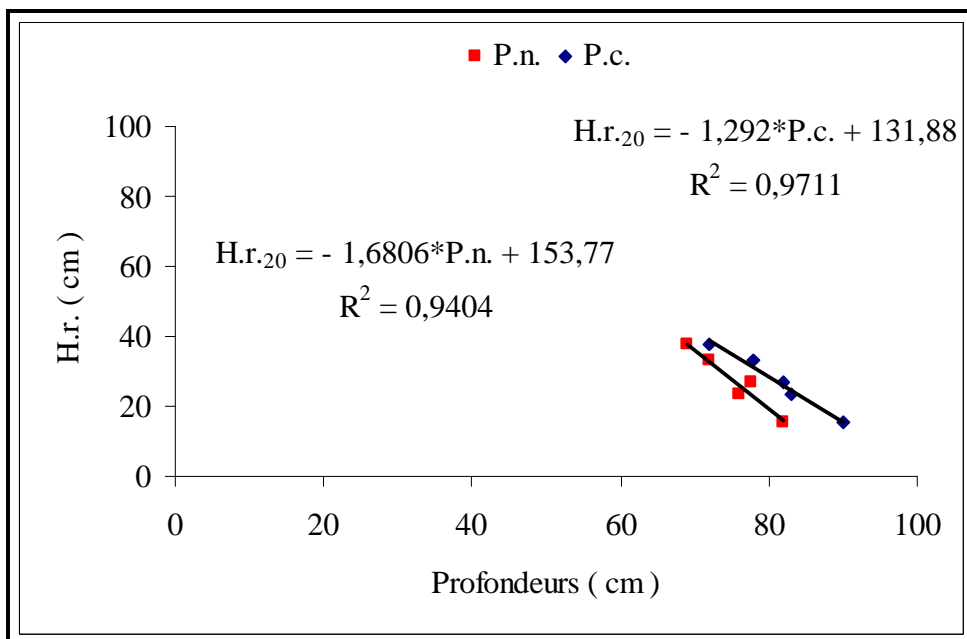


Figure VIII 51. Impact des niveaux des croûtes sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de différents âges en zones de nappes phréatiques superficielles

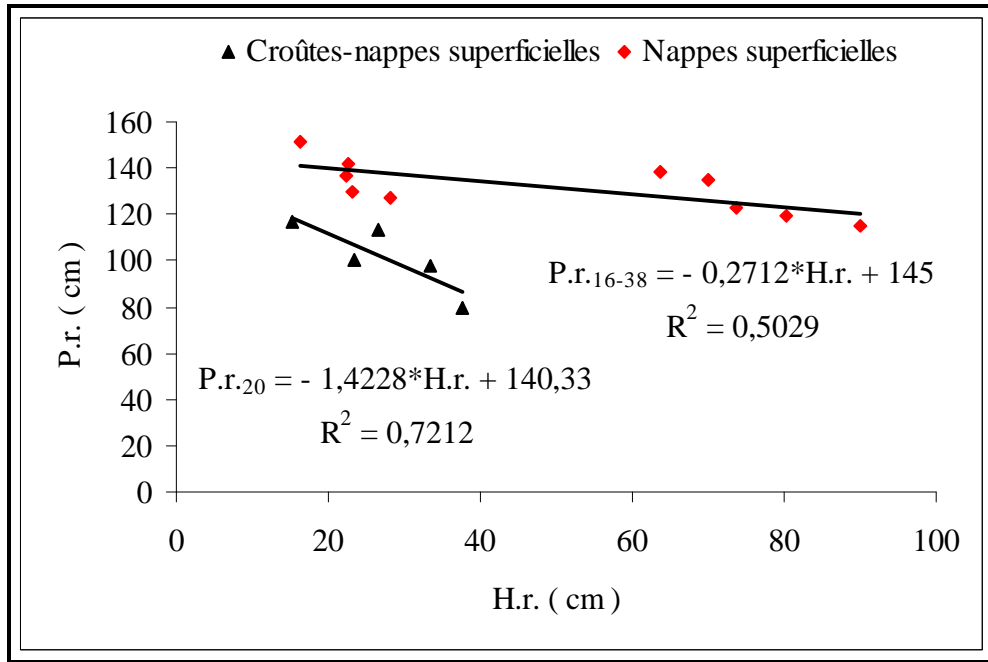


Figure VIII 52. Relations entre les hauteurs des racines aériennes et les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de différents âges en zones de nappes superficielles

Le degré de salinité, la charge saline et le pH des eaux phréatiques superficielles produisent un effet significatif inverse à celui des niveaux de ces eaux et des croûtes (Fig. VIII 53, 54 et 55). L'effet de la qualité des eaux phréatiques devient non significatif avec l'approfondissement de ces eaux, phénomène observé dans l'étude réalisée antérieurement dans l'exploitation de l'université de Ouargla.

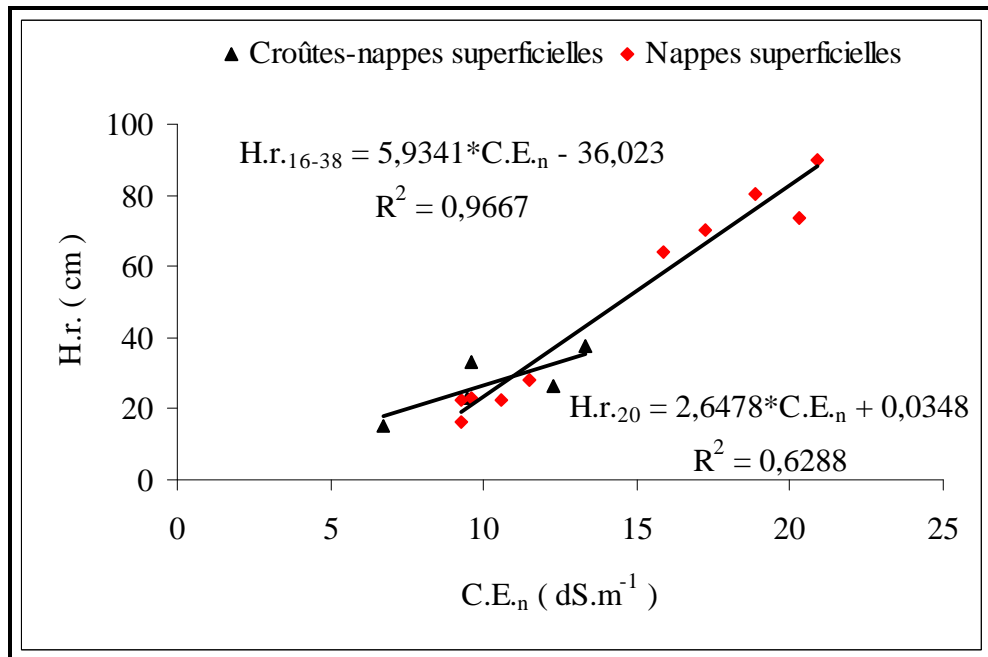


Figure VIII 53. Impact des degrés de salinités des eaux phréatiques superficielles sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de différents âges

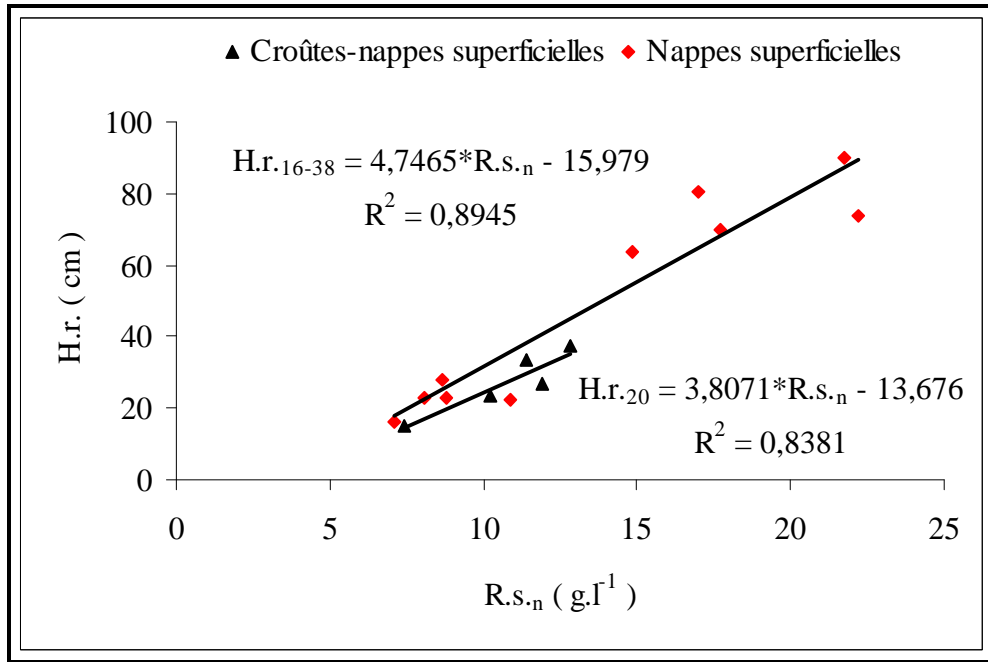


Figure VIII 54. Impact des charges salines des eaux phréatiques superficielles sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de différents âges

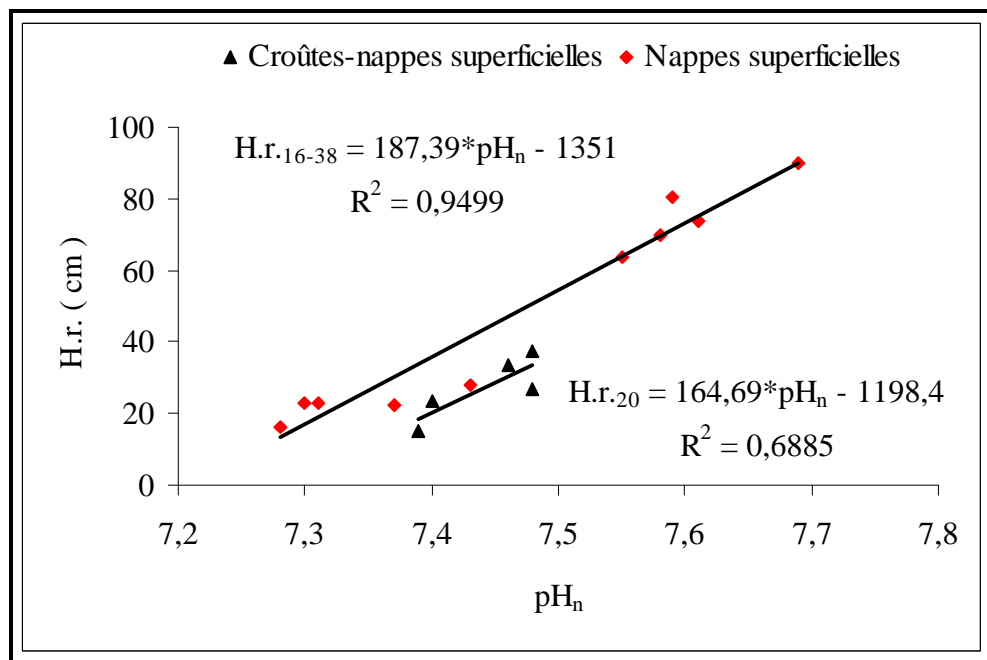


Figure VIII 55. Impact du pH des eaux phréatiques superficielles sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de différents âges

L'augmentation de la densité apparente moyenne des sols provoque le développement de la hauteur des racines aériennes. Les relations varient avec l'âge de plantation des palmeraies. Elles sont significatives pour les jeunes palmeraies de 16 et 20 ans, présentant respectivement une nappe superficielle et croûte-nappe superficielle (Fig. VIII 56) : $H.r._{16} = 269,88 * Da - 365,63$ ($R^2 = 0,712$) ; $H.r._{20} = 208,33 * Da - 269,96$ ($R^2 = 0,4972$).

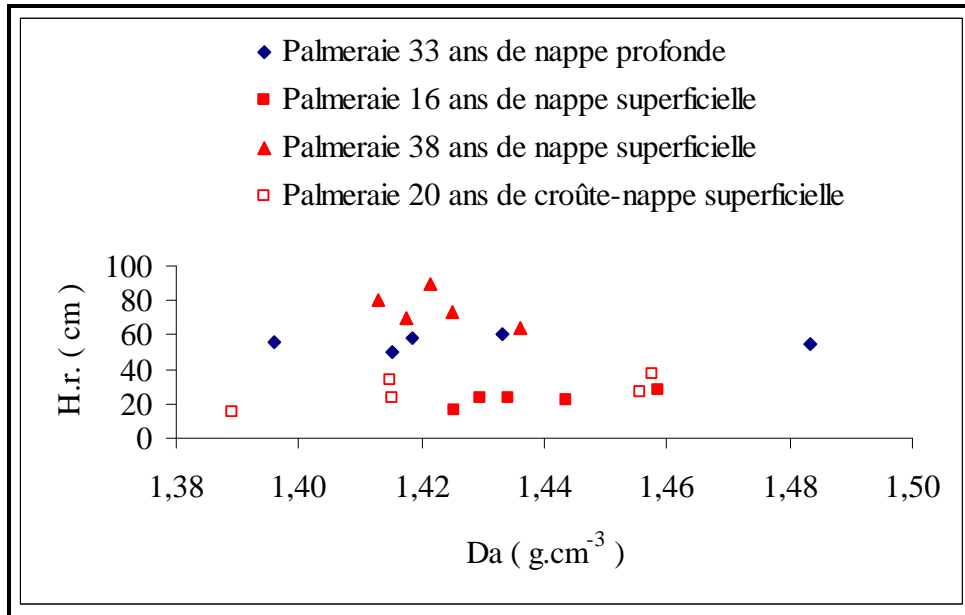


Figure VIII 56. Impact de la compacité des sols sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de différents âges

2.2.3. Discussion

L'étude réalisée sur les palmiers dattiers de même âge de plantation montre que la hauteur des racines aériennes varie avec les conditions hydro-édaphiques. Elle augmente avec les accumulations gypseuses dans les profils des sols et la compacité de ces derniers, particulièrement ceux comportant des croûtes. L'élévation du niveau des nappes phréatiques et des croûtes gypseuses crée des conditions de stress hydro-mécanique, limitant le développement et la respiration du système racinaire souterrain. Cela incite les palmiers dattiers à compenser leur déficit respiratoire par le développement du système racinaire aérien.

L'étude réalisée sur des palmiers dattiers de différents âges de plantations, situés dans différentes conditions hydro-édaphiques de la cuvette de Ouargla, montrent que les hauteurs des racines aériennes augmentent avec l'âge de plantation des palmiers dattiers. Toutefois, nous constatons que l'élévation des niveaux des nappes et des croûtes favorisent le développement des hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers. Les relations qui en résultent changent en fonction des conditions hydro-édaphiques, indifféremment de l'âge des palmiers dattiers. Ces obstacles hydro-mécaniques favorisent le développement du système racinaire aérien parallèlement à la diminution de la profondeur racinaire. L'augmentation de la salinité et de l'alcalinité des eaux phréatiques superficielles produit un stress salin-alcalin, qui apparemment favorise le développement des racines aériennes. Il est possible que l'effet d'anoxie s'aggrave avec le stress salin-alcalin, chose qu'il faut confirmer par d'autres études.

Il semble que l'effet du stress salin-alkalin produit par la qualité des eaux phréatiques augmente avec l'élévation du niveau de la nappe. Il devient non significatif en zones de rabattement de nappe phréatique, comme l'exploitation de l'université de Ouargla. La compacité des sols provoque l'augmentation de la hauteur des racines aériennes. Les relations changent avec l'âge de plantation des palmeraies.

3. Conclusion

Les expérimentations réalisées à Ouargla sur l'étude des effets des stress hydro-édaphiques sur l'enracinement des palmiers dattiers Déglet Nour montrent que celui-ci est soumis à des contraintes variables dans les profils des sols. Ces contraintes sont de trois types hydro-halomorphe de nappes phréatiques, mécanique de formes d'accumulations en sels peu solubles et en éléments grossiers, et la combinaison des deux premiers types. Elles varient avec la situation topographique des palmeraies dans la cuvette de Ouargla. Le fond de la cuvette présente des sols salés avec des formes d'accumulations variables, principalement des obstacles mécaniques de types encroûtements et croûtes gypseux à gypso-calcaires, et un niveau élevé de nappes phréatiques. La distribution des sels dans les profils est liée à la dynamique ascendante et descendante des sels. Cependant, en versant Est de la cuvette, à Hassi Ben Abdallah, la nappe phréatique est plus profonde, et les sols sont pauvres en accumulations gypso-salines.

Les stress hydro-mécaniques produisent des traumatismes racinaires chez les palmiers dattiers, notamment les jeunes racines vulnérables, de diamètres fins à moyens. Les niveaux des stress conditionnent le géotropisme et l'altération morphologique racinaire. Les dommages racinaires se présentent comme des déchirures d'écorces, des courbures sinusoidaux, des aplatissements, des rétrécissements, des pourritures, et finalement des détériorations racinaires complètes. Les racines mortes constituent une gaine de transit pour les jeunes racines qui facilite leur pénétration à travers les obstacles hydro-mécaniques.

Parmi les catégories de diamètres racinaires des palmiers dattiers, seule celle de type fin augmente avec l'âge de plantation. Il semble que l'émission des racines fines diminue avec le vieillissement des palmiers dattiers. Toutefois, les stress hydro-mécaniques restent les facteurs déterminants dans l'évolution des diamètres racinaires dans les profils d'enracinement. La remontée des eaux phréatiques dans les profils contribue à la réduction des diamètres racinaires. Ces derniers augmentent avec l'augmentation des formes d'accumulations gypso-calcaires et d'éléments grossiers dans les profils, en passant des formes réduites vers celles composées d'encroûtements et de croûtes.

Les racines moyennes et grossières subissent un grossissement en présence d'humidité

dans les profils de nappes profondes, particulièrement au-dessus des encroûtements et des croûtes gypso-calcaires compactes, riches en éléments grossiers. L'émission racinaire est réduite à l'intérieur de ces dernières formations. L'hydromorphie induite par les nappes superficielles limite aussi l'émission racinaire, particulièrement dans les profils de formes d'accumulation réduites, et favorisent le grossissement des racines moyennes et grossières au-dessus des nappes phréatiques pour éviter l'anoxie. En parallèle, la présence d'encroûtements moins compacts dans ces profils, notamment s'ils sont suivis de croûtes compactes, engendre les mêmes effets sur les racines moyennes et grossières.

L'âge des palmiers dattiers n'a pas d'effet significatif sur les densités racinaires, mais ces dernières varient avec les contraintes hydro-mécaniques. Les profils à différents niveaux de nappes phréatiques de formes d'accumulations de croûtes ou associées à des encroûtements, présentent des densités racinaires supérieures à ceux de types réduits ou associés à des encroûtements. Les densités racinaires deviennent importantes vers le centre des profils, avec la diminution de la compacité des sols et l'augmentation de l'humidité au niveau des encroûtements et au-dessus des croûtes, et augmente également avec les diamètres des racines, notamment grossières.

Les profils de formes réduites, de nappes et d'enracinements profonds ont des niveaux de distribution de densités racinaires rapprochés et continus vers le fond des profils. Il semble que les sols bien irrigués et pauvres en accumulations gypso-salines favorisent le développement des racines fines dans les profils par l'augmentation de leurs diamètres, et le manque d'eau ralentit celui-ci. La densité racinaire augmente au contact des encroûtements gypso-calcaires et des croûtes, compacts et riches en éléments grossiers, et devient faible vers le fond de ces formations, de fortes résistances mécaniques, peu humides et peu favorables au développement et à la nutrition racinaire des palmiers dattiers.

La remontée des nappes dans les profils accroît l'effet du stress mécaniques sur la densité racinaire. L'enracinement se concentre au-dessus des zones hydro-halomorphes de nappes et mécaniques dures d'encroûtements et de croûtes. Le stress hydro-salin dans les nappes phréatiques superficielles réduit la densité racinaire et le développement des racines fines. Toutefois, le rabattement des nappes semble favoriser le développement des racines fines, à cause du retrait de la zone hydromorphe.

Le développement du système racinaire des palmiers dattiers varie en fonction du degré des stress hydro-salins et mécaniques, créé respectivement par les niveaux de nappes phréatiques de croûtes gypso-calcaires. L'enracinement devient superficiel avec l'anoxie produite par la remontée, la salinité et l'alcalinité des eaux phréatiques, et devient moins

profond dans les profils compacts et riches en accumulations gypso-calcaires et en éléments grossiers, notamment avec l'élévation des croûtes en nappes profondes. Toutefois, il semble que les croûtes réduisent l'effet des stress salins et alcalins des eaux phréatiques sur la profondeur racinaire.

L'augmentation de la hauteur des racines aériennes constitue un signe de vieillissement des palmiers dattiers et de dégradation du milieu hydro-édaphique, augmentant avec la remontée des nappes phréatiques et des croûtes gypseuses, et la compacité des sols ainsi qu'avec l'augmentation de la salinité et l'alcalinité des eaux phréatiques superficielles. Les effets de compaction des sols sont prononcés chez les jeunes palmiers dattiers. Ces stress hydro-mécaniques réduisent le drainage des eaux, le développement et la respiration de l'enracinement souterrain, créant une hydro-halomorphie dans les sols. Ils produisent l'anoxie probable chez les palmiers dattiers, s'aggravant avec la remontée des nappes phréatiques, les incitant à compenser leur déficit respiratoire par le développement de nouvelles racines aériennes.

Enfin, il ressort de ces résultats de recherche que l'enracinement des palmiers dattiers subit des effets néfastes de stress hydro-édaphique de types hydro-salin et mécanique. Ils produisent un développement anormal du système racinaire, avec des conséquences préjudiciables sur la nutrition, la croissance et la productivité des palmiers dattiers.

Chapitre IX. Classification de l'enracinement des palmiers dattiers

Les résultats exposés au cours de notre étude nous ont permis d'aboutir à des modèles qui représentent des relations entre le développement du système racinaire des palmiers dattiers et les contraintes hydro-édaphiques. Ces derniers changent en fonction de la nature morpho-analytique des profils des sols. L'étude de l'ensemble des modèles obtenus nous a permis d'aboutir à certaines normes, à partir desquelles nous avons pu proposer des échelles de classification pour les paramètres racinaires des palmiers dattiers. Aussi, l'étude de l'effet de l'environnement hydro-édaphique sur l'enracinement nous a conduit à proposer une classification des profils d'enracinement des palmiers dattier pour tous les âges confondus et des conditions hydro-édaphique possibles, principalement les accumulations gypso-salines et la nappes phréatique.

1. Paramètres d'enracinement

1.1. Diamètres racinaires

1.1.1. Normes de classification

Les résultats de l'étude des diamètres racinaires ne permettent pas d'effectuer une classification des diamètres en fonction de l'âge des palmiers dattiers, sauf pour les racines fines par la relation $\text{Ø}_{r_f} = 0,0019 * \text{Ages} + 0,6136$, $R^2 = 0,636$.

Toutefois, nos mesures montrent que les contraintes hydro-édaphiques, notamment hydro-mécaniques restent les facteurs déterminants dans l'évolution des diamètres racinaires dans les profils d'enracinement dans les palmeraies d'âges de plantation, compris entre 16 et 44 ans. Les diamètres racinaires augmentent avec l'importance des obstacles mécaniques d'accumulations gypso-calcaires et d'éléments grossiers. Mais, l'élévation des eaux phréatiques dans les profils augmente leur hydromorphie, favorisant l'anoxie et contribuant ainsi à la réduction des diamètres racinaires.

1.1.2. Echelles de classification

Des échelles de classification sont ainsi établies à partir de nos mesures sur les palmeraies d'âges de plantation, compris entre 16 et 44 ans, en fonction des conditions hydro-édaphiques de la cuvette de Ouargla. Les échelles se composent d'intervalles de diamètres racinaires fins, moyens et grossiers, selon l'échelle des diamètres de FURR et ARMSTRONG (1955). Elles varient en fonction des types de profils d'accumulations et des niveaux des nappes phréatiques (Tabl. IX 1). Les profils de niveau de nappes moyennement profonds à superficiels présentent les mêmes effets d'hydromorphie sur les diamètres racinaires. Pour cela, nous avons classé les diamètres des racines de ces profils dans la catégorie dite « de

nappes superficielles ».

Tableau IX 1. Intervalles des diamètres racinaires dans les profils de Ouargla

Types de profils	Niveaux des nappes	Ages de plantations (ans)	Diamètres racinaires ($\text{\O}r$)		
			$\text{\O}r_f$ (mm)	$\text{\O}r_m$ (mm)	$\text{\O}r_g$ (mm)
Réduits	Profond	33 et 44	0,2 à 1	1,1 à 4,8	6,1 à 11
	Superficiel	16 et 44	0,4 à 0,9	1,2 à 5,1	6,1 à 10,9
Réduits-encroûtements	Profond	44	0,8 à 1	1,6 à 3,8	6,1 à 12,2
	Superficiel	38	0,5 à 0,9	1 à 3,4	6,1 à 8,7
Réduits-encroûtements-croûtes	Profond	44	0,4 à 1	1,5 à 4,4	6,1 à 13,7
	Superficiel	20 et 44	0,2 à 0,9	1,2 à 4,2	6,1 à 11,9
Réduits-croûtes	Superficiel	44	0,7 à 1	1,8 à 4,1	6,1 à 12,2

1.1.3. Discussion

Les échelles de classification montrent que dans l'ensemble, les diamètres racinaires des palmiers dattiers varient dans les profils des sols. Les diamètres racinaires augmentent avec l'augmentation des formes d'accumulations gypso-calcaires et des éléments grossiers dans les profils. Ces obstacles mécaniques limitent la pénétration et le grossissement racinaire dans les formations compactes, et vice versa dans les formations moins compactes, situées au-dessus de celles-ci. Les diamètres racinaires augmentent au-dessus des croûtes où la compacité est faible par rapport à ces dernières. La présence d'une nappe superficielle réduit les diamètres racinaires, notamment de types moyens et grossiers, à cause des effets de celle-ci sur l'asphyxie racinaire et la nutrition des palmiers dattiers. Vu le manque de références bibliographiques sur l'étude des diamètres racinaires, nos travaux de recherche et les échelles obtenues peuvent contribuer à l'étude et à la classification des diamètres racinaires en fonction des obstacles hydro-mécaniques dans les profils des sols.

1.2. Densités racinaires

1.2.1. Normes de classification

L'étude montre que les densités racinaires (D_r) ne varient pas en fonction de l'âge des palmiers dattiers, mais avec les conditions hydro-édaphiques. Ces dernières, notamment hydro-mécaniques restent un facteur décisif dans l'évolution des densités racinaires dans les profils d'enracinement des palmiers dattiers, d'âges compris entre 16 et 44 ans. Le niveau des obstacles hydro-mécaniques varie avec le type de profils d'accumulations et le niveau des

nappes phréatiques. Toutefois, l'étude montre que les densités racinaires augmentent au niveau des profils avec la compaction des accumulations gypso-calcaires et des éléments grossiers. Les densités racinaires augmentent vers le haut des profils avec l'élévation des eaux phréatiques et des croûtes gypso-calcaires à cause de l'hydromorphie et la résistance mécanique des croûtes.

Le traitement statistique global des données montre une variation de la relation entre la densité apparente des sols et la densité racinaire en fonction des types de profils d'accumulations et du niveau de la nappe phréatique.

Dans le cas des profils, de formes d'accumulations réduites (R), nous constatons que l'élévation du niveau des nappes phréatique favorise l'augmentation du niveau de la densité racinaire. L'effet de la compaction reste le même dans la catégorie dite «de nappes superficielles », moyennement profondes à superficielles (Fig. IX 1).

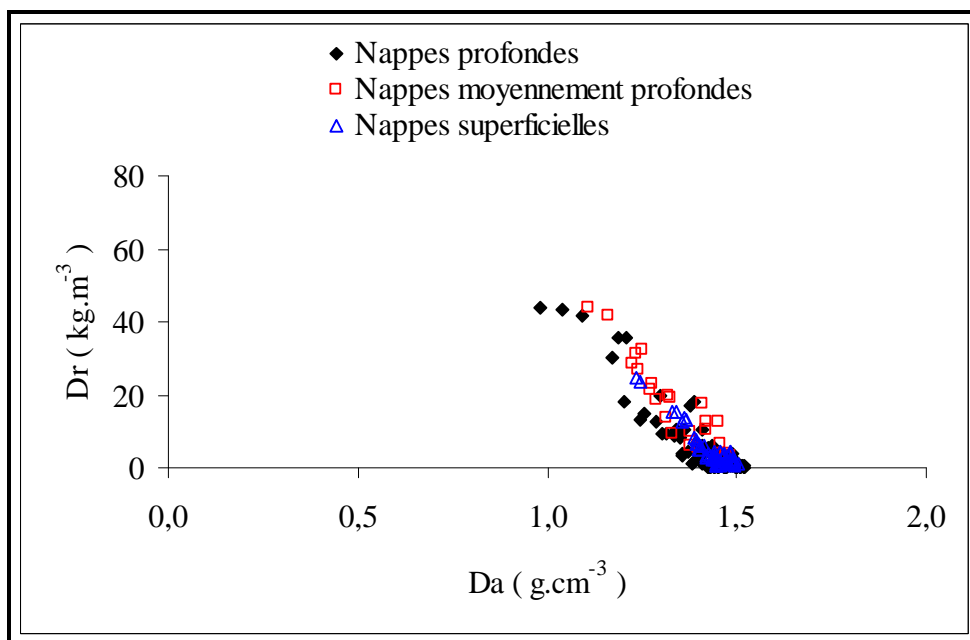


Figure IX 1. Effet de la compacité des profils R sur la densité racinaire

Pour cela, nous optons pour la classification de la densité racinaire en fonction de la densité apparente dans les profils R à l'application des relations suivantes :

- En nappes profondes : $Dr = - 87,828 \cdot Da + 129,93$ ($R^2 = 0,8466$),
- En nappes superficielles : $Dr = - 106 \cdot Da + 157,64$ ($R^2 = 0,8876$).

L'étude des profils des formes d'accumulations réduites-encroûtements (RE) indique que l'élévation du niveau des nappes phréatique favorise une légère diminution du niveau de la densité racinaire (Fig. IX 2). Elle nous ramène à la classification suivante :

- En nappes profondes : $Dr = - 85,6 \cdot Da + 128,3$ ($R^2 = 0,83$),
- En nappes superficielles : $Dr = - 66,975 \cdot Da + 102,02$ ($R^2 = 0,8283$).

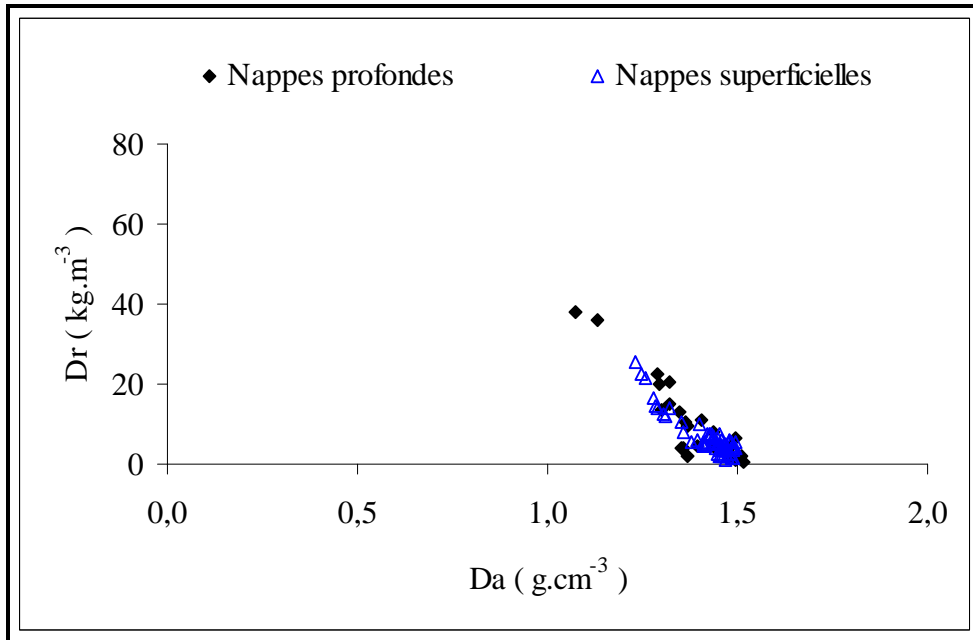


Figure IX 2. Effet de la compacité des profils RE sur la densité racinaire

L'analyse des données des profils des formes d'accumulations réduites-encroûtements-croûtes (REC) montre que la remontée des nappes phréatiques contribue à la diminution du niveau de la densité racinaire, où l'effet de la compaction présente la même tendance dans la catégorie dite « de nappes superficielles », moyennement profondes à superficielles (Fig. IX 3). Cette situation nous conduit vers la classification suivante :

- En nappes profondes : $Dr = - 78,466 \cdot Da + 123,04$ ($R^2 = 0,8652$),
- En nappes superficielles : $Dr = - 74,211 \cdot Da + 113,51$ ($R^2 = 0,9048$).

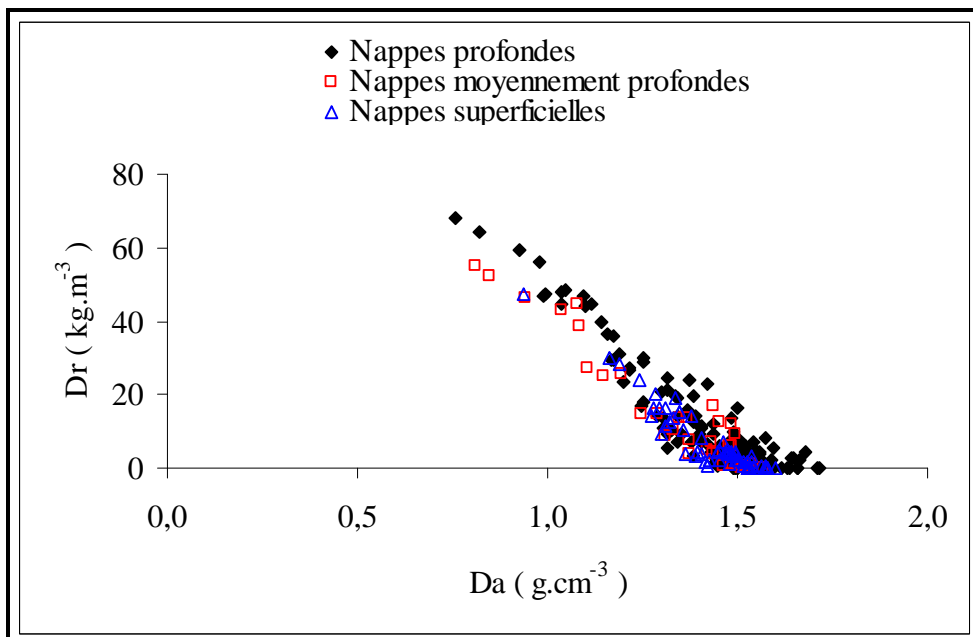


Figure IX 3. Effet de la compacité des profils REC sur la densité racinaire

L'étude précédente (Fig. VIII 20) montre que les profils de formes d'accumulations réduites-croûtes (RC), de nappes phréatiques moyennement profondes présentent une relation proche de celle des profils REC. Nous ne pouvons pas déterminer l'effet de l'élévation des nappes phréatiques en l'absence de cas de nappe profondes pour les profils RC. Dans ces conditions, nous allons utiliser pour la classification seulement la relation obtenue pour la catégorie de nappes superficielles : $D_r = - 76,334 \cdot D_a + 119,13$ ($R^2 = 0,88$).

1.2.2. Echelles de classification

A partir des normes de classification obtenues, nous allons adopter deux types de classification, d'échelles variables, avec les types de profils d'accumulations et les niveaux des nappes phréatiques dans la cuvette de Ouargla. Le premier type, sous forme d'échelle d'intervalle, de densités racinaires obtenues pour l'ensemble des palmeraies, d'âges de plantations, compris entre 16 et 44 ans (Tabl. IX 2). Le second type, sous forme d'échelles de modèles de densités racinaires variables avec les formes d'accumulations, le niveau des nappes et la densité apparente des sols, comprise entre le minimum enregistré au cours de nos études de $0,76 \text{ g.cm}^{-3}$, et le maximum obtenu à partir des relations, où la densité racinaire devient nulle, estimée à $1,6 \text{ g.cm}^{-3}$ (Tabl. IX 3).

Tableau IX 2. Intervalles des densités racinaires dans les profils de Ouargla

Types de profils	Niveaux des nappes	Âges de plantations (ans)	Densités racinaires (kg.m^{-3})
Réduits	Profond	33 et 44	0 à 44,08
	Superficiel	16 et 44	0,42 à 44,07
Réduits-encroûtements	Profond	44	0,41 à 38,2
	Superficiel	38	1,09 à 25,43
Réduits-encroûtements-croûtes	Profond	44	0 à 68,06
	Superficiel	20 et 44	0 à 54,94
Réduits-croûtes	Superficiel	44	0,39 à 61,33

1.2.3. Discussion

Les densités racinaires dans les échelles d'intervalles varient en fonction des types de profils d'accumulations. Elles augmentent dans les profils qui présentent des croûtes gypso-calcaires, limitant la pénétration racinaire par leur résistance mécanique, et augmentant la densité racinaire au dessus de ces dernières, dans des formations moins compactes. Il semble

qu'en général, la densité racinaire diminue en zones de nappes superficielles à cause du stress hydro-salin.

Nous constatons à partir des échelles de modèles établis des variations de la densité racinaire en fonction de la densité apparente des sols. On note qu'il n'y a pas de grandes différences en nappes profondes entre les densités racinaires au point minimum de la densité apparente des profils d'accumulations : R, RE et REC (Tabl. IX 3 ; Fig. IX 4).

Tableau IX 3. Classification des densités racinaires en milieu hydro-édaphique de Ouargla

Da (g.cm ⁻³)	Densités racinaires moyennes (kg.m ⁻³)						
	Profils de nappes profondes			Profils de nappes superficielles			
	R	RE	REC	R	RE	REC	RC
0,76	63,18	63,24	63,41	77,08	51,12	57,11	61,12
0,8	59,67	59,82	60,27	72,84	48,44	54,14	58,06
0,84	56,15	56,40	57,13	68,60	45,76	51,17	55,01
0,88	52,64	52,97	53,99	64,36	43,08	48,20	51,96
0,92	49,13	49,55	50,85	60,12	40,40	45,24	48,90
0,96	45,62	46,12	47,71	55,88	37,72	42,27	45,85
1	42,10	42,70	44,57	51,64	35,05	39,30	42,80
1,04	38,59	39,28	41,44	47,40	32,37	36,33	39,74
1,08	35,08	35,85	38,30	43,16	29,69	33,36	36,69
1,12	31,56	32,43	35,16	38,92	27,01	30,39	33,64
1,16	28,05	29,00	32,02	34,68	24,33	27,43	30,58
1,2	24,54	25,58	28,88	30,44	21,65	24,46	27,53
1,24	21,02	22,16	25,74	26,20	18,97	21,49	24,48
1,28	17,51	18,73	22,60	21,96	16,29	18,52	21,42
1,32	14,00	15,31	19,46	17,72	13,61	15,55	18,37
1,36	10,48	11,88	16,33	13,48	10,93	12,58	15,32
1,4	6,97	8,46	13,19	9,24	8,26	9,61	12,26
1,44	3,46	5,04	10,05	5,00	5,58	6,65	9,21
1,48	0	1,61	6,91	0,76	2,90	3,68	6,16
1,52	0	0	3,77	0	0,22	0,71	3,10
1,56	0	0	0,63	0	0	0	0,05
1,6	0	0	0	0	0	0	0

Cependant, la remontée des eaux phréatiques augmente le niveau des densités racinaires dans les profils R, de faible cimentation et le diminue dans les profils RE et REC, plus cimentés. Cela montre que les profils de formes d'accumulations réduites, plus poreux et moins riches en gypse et en calcaire, réduit les effets du stress hydro-salin des eaux et favorise la nutrition et la croissance racinaire au-dessus des zones hydro-halomorphes. Les autres profils d'encroûtements et de croûtes sont moins poreux, riches en éléments grossiers, en gypse et en calcaire, et c'est autant de facteurs de stress, en plus de l'effet hydro-salin des eaux, qui ne permettent pas une meilleure nutrition et une croissance racinaire des palmiers dattiers.

L'écart entre le niveau des densités racinaires de nappes profondes et celui de nappes superficielles devient élevé, avec la diminution des formes d'accumulations, où la différence en profils $R > RE > REC$. Il semble connaître une diminution avec l'élévation de la compacité des sols dans les profils (Fig. IX 4). Cela nous ramène à déduire que les effets des stress mécaniques et hydro-mécaniques deviennent équivalents avec l'augmentation de la compacité dans les profils.

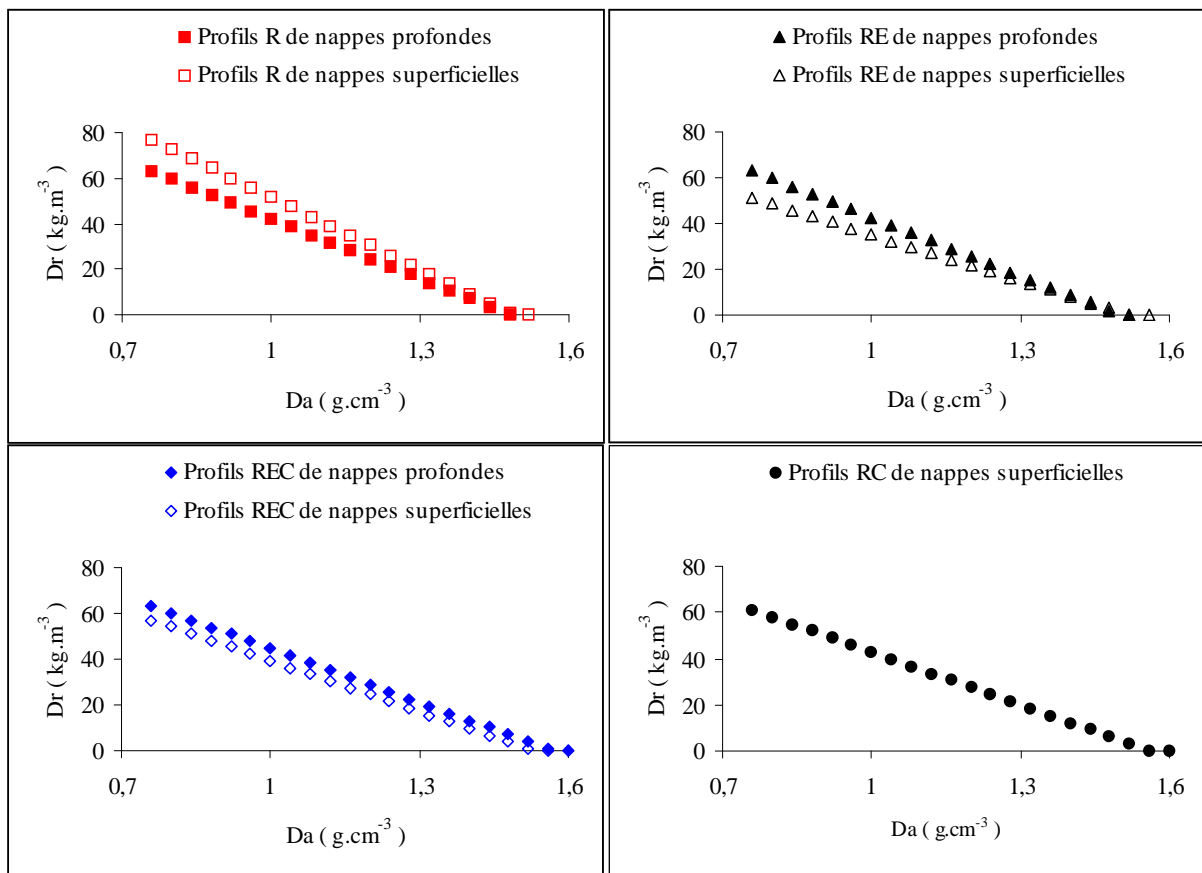


Figure IX 4. Effet de la compacité des profils d'accumulations sur la densité racinaire des palmiers dattiers en conditions de nappes

Nous remarquons aussi que les densités racinaires deviennent rapidement nulles avec

l'élévation de la compacité des sols dans les profils de formes d'accumulations R par rapport aux profils RE, REC et RC (Tabl. IX 3). Cela montre que l'augmentation de la résistance mécanique des formes d'accumulations incite les palmiers dattiers à augmenter leur pouvoir de pénétration jusqu'à une limite de compacité maximum moyenne de $1,6 \text{ g.cm}^{-3}$, où la densité racinaire devient nulle.

En nappes profondes, les palmiers dattiers développent une résistance face à l'augmentation du stress mécanique des sols par l'augmentation de leur force de pénétration racinaire, qui devient importante avec l'augmentation de la cimentation et la diminution de la porosité des formes d'accumulations. Cette tendance est dictée par les besoins de croissance, d'eau et de nutrition. L'hydro-halomorphie créée par les eaux phréatiques semble d'un côté favoriser l'augmentation du pouvoir de pénétration racinaire dans les profils moins cimentés et plus poreux, de types R et RE, et d'un autre côté, produire sa réduction dans les profils REC, présentant des croûtes cimentées, moins poreuses. Il semble que les premières formations augmentent l'effet ascendant du stress salin de nappes et permettent aux palmiers grâce à la perméabilité des sols d'augmenter leur résistance au stress hydro-salin et mécanique, par l'augmentation de leur force de pénétration racinaire. Les formations peu perméables de croûtes, riches en gypse et en calcaire limitent certes les effets du stress salin de nappes dans la zone racinaire, mais favorise l'asphyxie et le déséquilibre nutritionnel, ce qui réduit leur force de pénétration racinaire et leur résistance au stress hydro-mécanique.

1.3. Profondeurs racinaires

1.3.1. Normes de classification

Les résultats obtenus au cours de nos expérimentations montrent que les profondeurs racinaires ne varient pas en fonction de l'âge de plantation, mais par rapport à certaines conditions hydro-édaphiques. Les normes de classification sont préconisées pour la cuvette de Ouargla à partir des relations significatives dans les zones hydro-édaphiques de nappes profondes, de croûtes-nappes profondes, de nappes superficielles et de croûtes-nappes superficielles. Il est conseillé d'utiliser pour la classification des profondeurs racinaires, les relations qui les lient avec les niveaux des croûtes gypseuses à gypso-calcaires, des eaux phréatiques et leurs qualités, ainsi que la compacité des sols.

En zones de nappes profondes sans croûtes, le développement racinaire des palmiers dattiers en pleine production reste profond, dépassant les profondeurs maximums de mesures fixées au cours des études expérimentales menées.

Cependant, en zones de croûtes-nappes profondes, l'enracinement devient limité par le niveau des croûtes. L'analyse groupée des données enregistrées dans la cuvette de Ouargla

pour la première étude globale des palmeraies, âgées de 15 à 45 ans et celles de l'étude de la palmeraie, âgée de 44 ans dans l'exploitation de l'université de Ouargla, nous a permis de constater une bonne régression linéaire entre les profondeurs des racines et des croûtes gypseuses à gypso-calcaires (Fig. IX 5). Toutefois, nous constatons que l'enracinement des palmiers dattiers de 44 ans pénètre plus profondément les croûtes par rapport à ceux de 15-45 ans. Le décalage des mesures de profondeurs suppose une différence dans les conditions hydro-édaphiques des profils d'enracinement. L'étude globale des palmeraies de 15-45 ans ne fixe pas les types de profils rencontrés, les conditions d'humidité des sols, la compaction des croûtes et leurs teneurs en sels peu solubles, et la situation des nappes au-dessous de 1,2 m de profondeur par rapport au niveau profond, supérieur à 3 m. Cela nous ramène à plusieurs suppositions pour expliquer le faible approfondissement racinaire dans ces sols par rapport au niveau des croûtes. Il est possible que la compacité élevée des croûtes et l'humidité des sols satisfaisantes par l'irrigation et le niveau de nappe proche de la surface des sols empêchent les palmiers dattiers à approfondir leur enracinement.

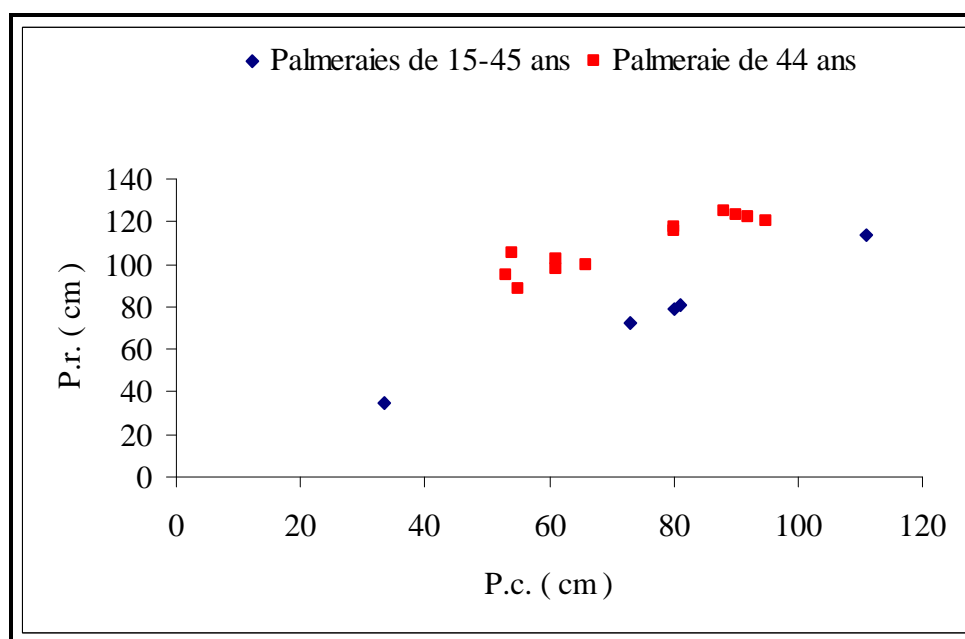


Figure IX 5. Impact des niveaux des croûtes en zones de nappes phréatiques profondes sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers

Contrairement, dans la palmeraie de 44 ans, les profils d'accumulations REC de nature gypso-calcaire, de teneurs variables en éléments grossiers et de nappes, dépassant 3 m de profondeur qui présentent des résistances mécaniques variables à la pénétration racinaire. Aussi, le niveau d'humidité des sols, lié aux conditions d'irrigation, peut jouer un rôle dans l'approfondissement racinaire parallèlement à l'effet des croûtes dans les profils d'accumulations. Les racines par le géotropisme vont chercher l'eau en profondeur, en

essayant de pénétrer les croûtes en cas de stress hydrique par déficience. Cette situation reste probable dans l'exploitation de l'université de Ouargla, vu l'existence d'un forage en panne sur deux, existant au cours de notre étude.

Nous constatons que l'approfondissement racinaire est conditionné par la compaction des croûtes et l'humidité des sols, intimement liée à la nature des profils d'accumulations, l'irrigation et le niveau des nappes phréatiques au dessous des croûtes. Pour cela, en zones de nappes profondes, nous optons pour une classification des profondeurs racinaires par rapport au niveau des croûtes basée sur la régression linéaire des palmiers dattiers de 44 ans, à cause du niveau d'étude des profils et des nappes phréatiques plus précis. Cette relation se présente comme suit : $P.r_{.44} = 0,7267 * P.c. + 56,292$, $R^2 = 0,8601$.

En zones de croûtes-nappes superficielles, nous constatons un décalage entre les mesures de profondeurs racinaires entre la première étude globale des palmeraies, âgées de 15 à 45 ans et celles de l'étude de la palmeraie, âgée de 44 ans dans l'exploitation de l'université de Ouargla (Fig. IX 6). La différence d'alignement des mesures s'explique par le rabattement de la nappe phréatique dans l'exploitation de l'université de Ouargla.

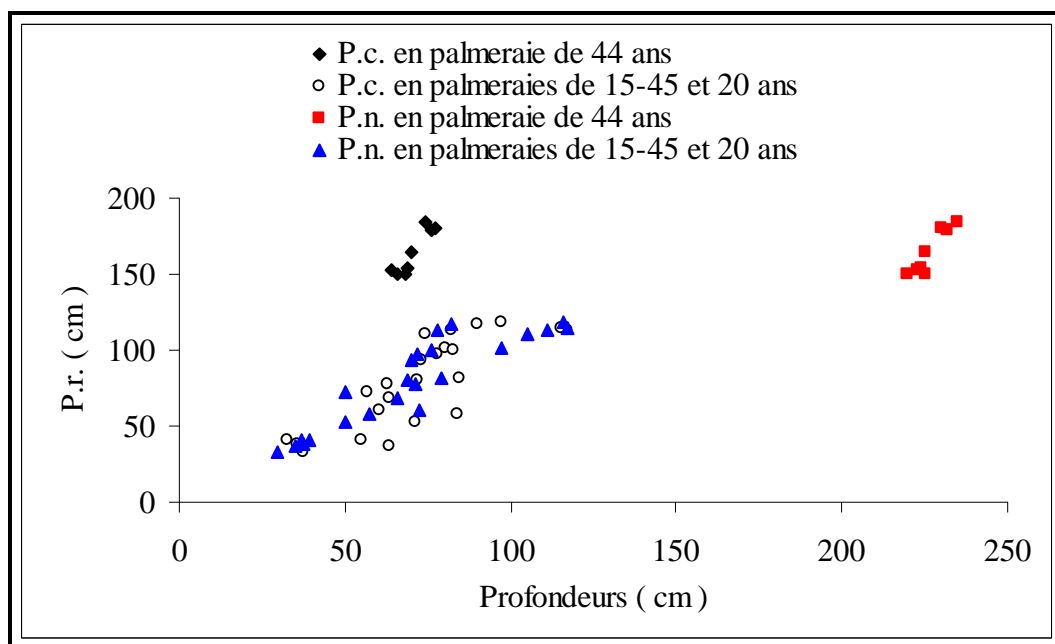


Figure IX 6. Impact de la situation des croûtes-nappes superficielles sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers

Le rabattement a permis au système racinaire de développer de nouvelles racines et de s'approfondir encore plus avec le retrait de la zone de saturation dans les profils, malgré la résistance mécanique des croûtes gypseuses. Cela explique l'approfondissement racinaire par rapport aux niveaux des nappes phréatiques et des croûtes gypseuses dans l'exploitation de l'université de Ouargla. L'étude morphologique de l'enracinement dans leurs profils a révélé

l'existence de jeunes racines au fond de ces derniers à côté des racines pourries, et à l'intérieur des racines mortes qui servent comme gaine de protection, facilitant leur pénétration dans les croûtes. En palmeraies de 15-45 et 20 ans, les niveaux des nappes phréatiques sont stables avec un certain équilibre entre les apports d'eau par irrigation et ceux absorbés par l'enracinement, et évacués par drainage. Inversement à la zone de rabattement des nappes phréatiques dans l'exploitation de l'université de Ouargla, il existe un déséquilibre dans le bilan d'entrée et de sortie des eaux. Il semble que les volumes d'eau absorbés et évacués par drainage dépassent ceux apportés par l'irrigation.

Sur cette base, nous recommandons pour la classification des profondeurs racinaires en zones de croûtes-nappes superficielles d'utiliser les relations obtenues en fonction de l'état de fluctuation de la nappe phréatique. En situation de nappe stable sans rabattement, nous utilisons les relations englobant les données des palmeraies de 15-45 et 20 ans, comme suit :

- $P.r._{15-45 \text{ et } 20} = 1,094 * P.c. - 0,2836, R^2 = 0,6588,$
- $P.r._{15-45 \text{ et } 20} = 1,0123 * P.n. + 8,0043, R^2 = 0,8196.$

Pour les zones de rabattement de nappes phréatiques, nous utilisons les relations des palmeraies de 44 ans, comme suit :

- $P.r._{44} = 2,8654 * P.c. - 37,76, R^2 = 0,844,$
- $P.r._{44} = 2,7047 * P.n. - 449,05, R^2 = 0,8653.$

Nous constatons aussi un décalage en zones de nappes superficielles entre la zone de rabattement de nappes précitées et les zones de niveau de nappes médianes des palmeraies de 15-45 ans, et celles des zones de remontée de nappes dans les palmeraies de Ain El-Beïda et du Chott, âgées respectivement de 16 et 38 ans (Fig. IX 7). Le manque de données d'observations collectées ne permet pas de tracer et de connaître la tendance de la courbe de régression en zone de rabattement. Les zones de Ain El-Beïda et du Chott dans la cuvette de Ouargla présentent de grandes étendues d'eau salée superficielles, signes d'un niveau de nappes élevé. Ceci est dû à leur situation topographique basse par rapport au sens d'écoulement des nappes phréatiques et le manque de drainage dans ces zones, ce qui a produit une remontée de nappes phréatiques. Celle-ci fait plonger profondément l'enracinement des palmiers dattiers dans les eaux phréatiques et expose davantage les palmiers dattiers aux effets des stress hydro-halomorphes. Les zones de palmeraies de 15-45 ans présentent des niveaux de nappes stables où les niveaux racinaires sont situés pas loin en dessous ou au dessus des niveaux des nappes phréatiques. Toutefois, dans quelques palmeraies de 15-45 ans à Said Otba, au Ksar et à Beni Tour, nous constatons une élévation

des niveaux des eaux phréatiques par rapport à ceux de l'enracinement. La situation topographique surélevée de ces palmeraies nous a conduit à incriminer la mauvaise conduite de l'irrigation et le système de drainage défectueux. Nous recommandons ainsi pour la classification des profondeurs racinaires en zones de nappes superficielles d'utiliser les relations obtenues en fonction de l'état de fluctuation de la nappe phréatique, comme suit :

- niveau de nappes stables : $P.r._{15-45} = 0,8069 * P.n. + 21,275, R^2 = 0,6509,$
- remontée de nappes : $P.r._{16-38} = 0,4914 * P.n. + 108,86, R^2 = 0,5856.$

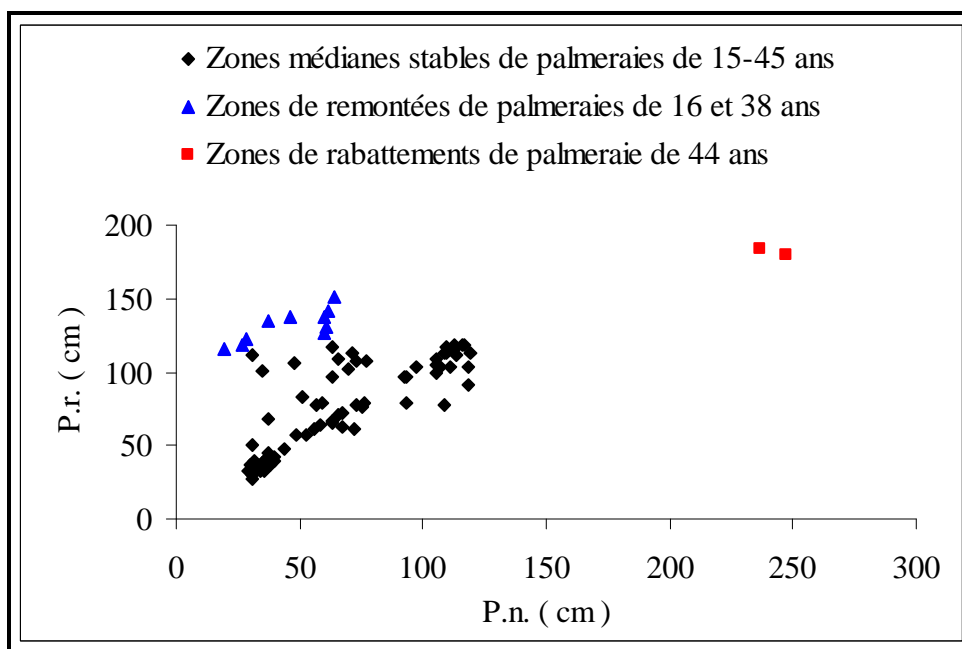


Figure IX 7. Impact de la situation des nappes superficielles sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers

L'étude montre que la densité apparente moyenne des couches des sols, situées entre 0 et 1,2 m, augmente avec la résistance mécanique des accumulations gypso-calcaires dans les profils, notamment en présence de croûtes. Nous constatons en groupant les données d'enracinement au-dessus de 3 m de profondeur, enregistrées sur l'étude des palmiers de même âge et d'âges différents, que la relation entre la profondeur racinaire des palmiers dattiers, d'âges compris entre 16 et 44 ans ($P.r._{16-44}$), et leurs densités apparentes moyennes constituent un nuage uniforme avec une régression linéaire significative (Fig. IX 8). Les données des zones de nappes profondes, de croûtes-nappes profondes, de nappes superficielles et de croûtes-nappes superficielles se confondent dans une succession de points de même tendance constituent un nuage de points. Pour cela, nous recommandons d'utiliser pour la classification des profondeurs racinaires au-dessus de 3 m, la relation suivante (Fig. IX 8) : $P.r._{16-44} = - 442,49 * Da + 750,91, R^2 = 0,518.$

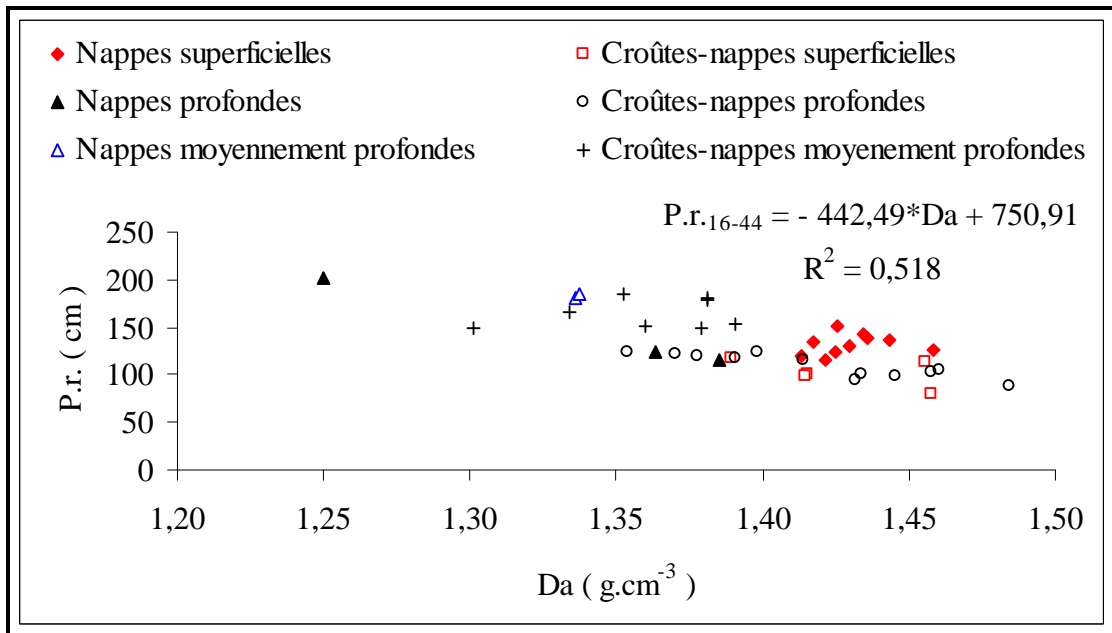


Figure IX 8. Impact de la densité apparente moyenne sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers

Vu l'effet non significatif de la qualité des eaux phréatiques en zones de rabattement et zones croûtes-nappes superficielles, nous allons utiliser seulement dans la classification les relations significatives des zones de nappes superficielles de remontée, sans croûtes, qui lie la profondeur racinaire à la salinité et l'alcalinité des eaux phréatiques superficielles, comme suit :

- $P.r._{16-38} = -1,6886 * C.E._n + 155,91$; $R^2 = 0,5352$,
- $P.r._{16-38} = -54,345 * pH_n + 537,71$; $R^2 = 0,5462$.

1.3.2. Echelles de classification

Les échelles de classification des profondeurs racinaires dans les différentes zones hydro-édaphiques de la cuvette de Ouargla sont réalisées sur la base des intervalles observés par types de profils d'accumulations (Tabl. IX 4) et les modèles établis en fonction des relations significatives existantes avec certains paramètres étudiés dans l'environnement de Ouargla (Tabl. IX 5). Ils montrent un accroissement racinaire en profondeur des sols non conditionné par l'âge des palmiers dattiers, mais plutôt par les conditions hydro-édaphiques.

Les relations montrent que les profondeurs racinaires au-dessus de 3 m varient avec les densités apparentes moyennes des sols, au-dessus de 1,2 m de profondeur, les profondeurs des croûtes et des nappes phréatiques et la qualité des eaux de cette dernière. Les profondeurs racinaires prises en compte sont comprises entre un minimum expérimental de notre étude et un maximum théorique (PEYRON, 2000), respectivement de 0,3 m et 17 m de profondeur.

Tableau IX 4. Intervalles des profondeurs racinaires dans les profils de Ouargla

Types de profils	Niveaux des nappes	Âges de plantations (ans)	Profondeurs racinaires (m)
Réduits	Profond	33 et 44	2,01 à > 3
	Superficiel	16 et 44	1,27 à 1,84
Réduits-encroûtements	Profond	44	1,16 à 1,23
	Superficiel	38	1,15 à 1,38
Réduits-encroûtements-croûtes	Profond	44	0,88 à 1,25
	Superficiel	20 et 44	0,8 à 1,84
Réduits-croûtes	Superficiel	44	1,5 à 1,8

1.3.3. Discussion

Les profondeurs racinaires dans les échelles d'intervalles augmentent dans les profils de formes d'accumulations réduites de nappes profondes, qui ne limitent pas la pénétration racinaire par leur résistance mécanique faible, contrairement aux autres profils de plus en plus compacts, de formes d'accumulations d'encroûtements et de croûtes. La fluctuation du niveau des nappes phréatiques constitue aussi un facteur limitant du niveau racinaire.

Nos modèles d'estimation expliquent davantage les relations existantes entre l'approfondissement racinaire des palmiers dattiers et les conditions hydro-édaphiques de Ouargla. Ils montrent qu'en moyenne, l'enracinement des palmiers dattiers augmente avec la diminution de la compacité des sols. Il peut atteindre 4 m de profondeur, si les sols présentent une densité apparente moyenne d'environ $0,8 \text{ g.cm}^{-3}$, correspondant à la plus petite densité apparente enregistrée dans les couches de sols étudiées dans la cuvette de Ouargla.

Il apparaît de nos modèles d'estimation que l'effet du niveau des croûtes gypseuses sur les niveaux d'enracinement varie en fonction des niveaux des nappes phréatiques. L'enracinement des palmiers dattiers en zones de croûtes-nappes superficielles a tendance à s'approfondir dans les croûtes, de plus en plus avec le rabattement des nappes phréatiques, signe d'un géotropisme racinaire positif avec le niveau des croûtes. Il est conditionné par la pratique culturale, notamment l'irrigation, les besoins de croissance et l'apport ascendant en eau et en éléments nutritifs de nappes superficielles (MONCIERO, 1954). Cependant, le comportement de l'enracinement des palmiers dattiers en zones de croûtes-nappes profondes semble variable en comparaison avec ceux des zones de nappes superficielles (Fig. IX 9).

Tableau IX 5. Classification des profondeurs racinaires des palmiers dattiers dans l'environnement hydro-édaphique de Ouargla

P.r. (cm)	Da	Croûtes-nappes profondes P.c. (cm)	Croûtes-nappes superficielles				Nappes superficielles			
			Stabilité de nappes		Rabattement de nappes		Remontée de nappes			Stabilité de nappes
			P.c. (cm)	P.n. (cm)	P.c. (cm)	P.n. (cm)	P.n. (cm)	C.E. _n (dS.m ⁻¹)	pH _n	P.n. (cm)
30	1,63	-36	28	22	24	177	-160	74,6	9,3	11
60	1,56	5	55	51	34	188	-99	56,8	8,8	48
90	1,49	46	83	81	45	199	-38	39,0	8,2	85
120	1,43	88	110	111	55	210	23	21,3	7,7	122
150	1,36	129	137	140	66	221	84	3,5	7,1	160
180	1,29	170	165	170	76	233	145			197
210	1,22	212	192	200	86	244	206			234
240	1,15	253	220	229	97	255	267			271
270	1,09	294	247	259	107	266	328			308
300	1,02	335	274	288	118	277	389			345
400	0,79	473	366	387	153	314	592			469
500		611	457	486	188	351	796			593
600		748	549	585	223	388	999			717
700		886	640	684	257	425	1203			841
800		1023	732	782	292	462	1406			965
900		1161	823	881	327	499	1610			1089
1000		1299	914	980	362	536	1813			1213
1100		1436	1006	1079	397	573	2017			1337
1200		1574	1097	1178	432	610	2220			1461
1300		1711	1189	1276	467	647	2424			1585
1400		1849	1280	1375	502	684	2627			1709
1500		1987	1371	1474	537	721	2831			1833
1600		2124	1463	1573	572	758	3034			1957
1700		2262	1554	1671	606	795	3238			2080

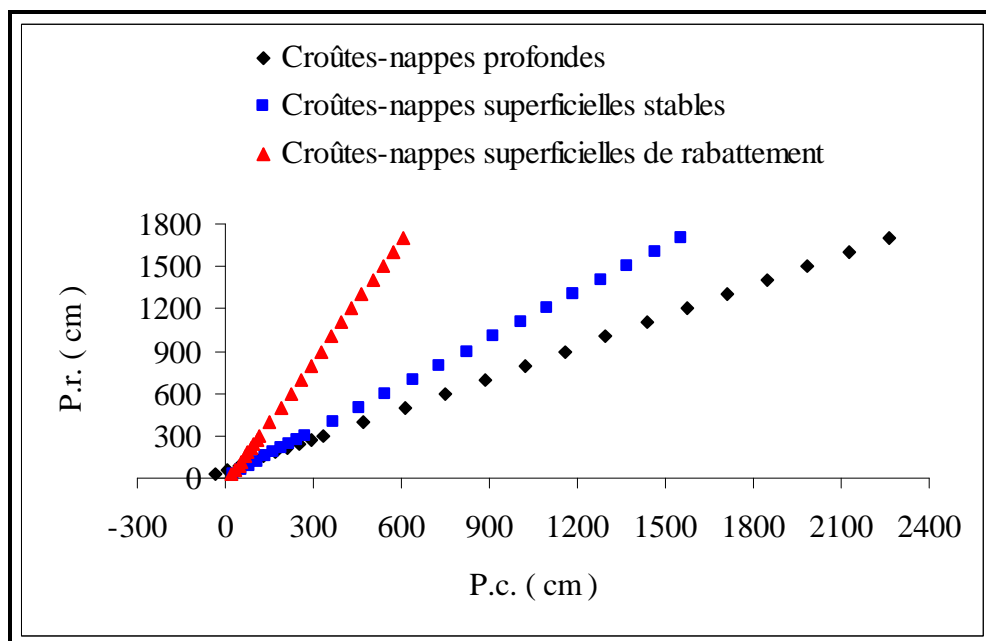


Figure IX 9. Effet des niveaux des croûtes gypseuses sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers en conditions de nappes

Il semble que les besoins de croissance et les conditions de nutrition hydrique et minérale dans les sols conditionnent le comportement du système racinaire des palmiers dattiers par rapport aux croûtes gypseuses. En zones de nappes profondes, les conditions de nutrition sont favorables au-dessus des croûtes à cause des apports d'eau d'irrigation et l'accumulation des nutriments. L'aptitude racinaire à la pénétration des croûtes est élevée quand le niveau de cette dernière est inférieur à 44 cm de profondeur, cela afin de satisfaire les besoins de croissance et de nutrition des palmiers dattiers. Cette aptitude diminue progressivement avec l'approfondissement des croûtes jusqu'à devenir inférieur à celles des zones de nappes superficielles, quand le niveau des croûtes est compris entre 158 et 203 cm de profondeur. On estime d'après notre modèle que le niveau d'enracinement passe au-dessus des croûtes gypseuses et s'éloigne progressivement de celles-ci quand leur niveau dépasse 207 cm de profondeur. Cela montre que l'enracinement des palmiers dattiers en zones de nappes profondes présente un géotropisme négatif avec le niveau des croûtes. Les raisons probables restent les effets du stress mécanique, limitant l'enracinement et incitant à un développement racinaire latéral et horizontal, et aussi les conditions hydriques dans les couches superficielles des sols irrigués, plus favorables à la nutrition des palmiers dattiers.

La situation de l'enracinement du palmier dattier varie en fonction de la fluctuation du niveau de la nappe phréatique (Fig. IX 10). L'élévation de ce dernier produit la submersion en eau de la zone racinaire et peut ainsi engendrer des effets d'anoxie sur le système racinaire des palmiers dattiers. La profondeur racinaire submergée par les eaux phréatiques en

l'absence de croûtes gypseuses, dépassant celle en présence de croûtes, d'un écart important en zones de remontées, qui diminue avec le rabattement des nappes, en conditions de nappes inférieures à 62 cm et 194 cm de profondeur, respectivement à l'état de nappes stables et de remontée, correspondant aux profondeurs racinaires, respectivement inférieures à 71 cm et 204 cm de profondeur. Les croûtes gypseuses constituent un obstacle pour la progression racinaire et limite la zone de contact avec les eaux phréatiques.

La zone racinaire soumise uniquement à l'effet d'hydromorphie augmente avec la remontée des nappes phréatiques. L'aptitude de pénétration racinaire des nappes diminue progressivement, et le niveau d'enracinement passe au-dessus des nappes superficielles stables et de remontées quand le niveau de ces dernières dépasse respectivement 112 cm et 214 cm de profondeur. Cela montre que l'enracinement des palmiers dattiers présente un géotropisme négatif avec le niveau des nappes, de plus en plus élevé avec la remontée des eaux. Les besoins de croissance incitent les palmiers dattiers à pénétrer les nappes phréatiques superficielles, mais avec le rabattement de celle-ci, l'enracinement a tendance à fuir la zone hydromorphe engendrée par les eaux phréatiques, pour un développement racinaire latéral et horizontal probable au-dessus des nappes, moins saturées en eau et favorables à la nutrition.

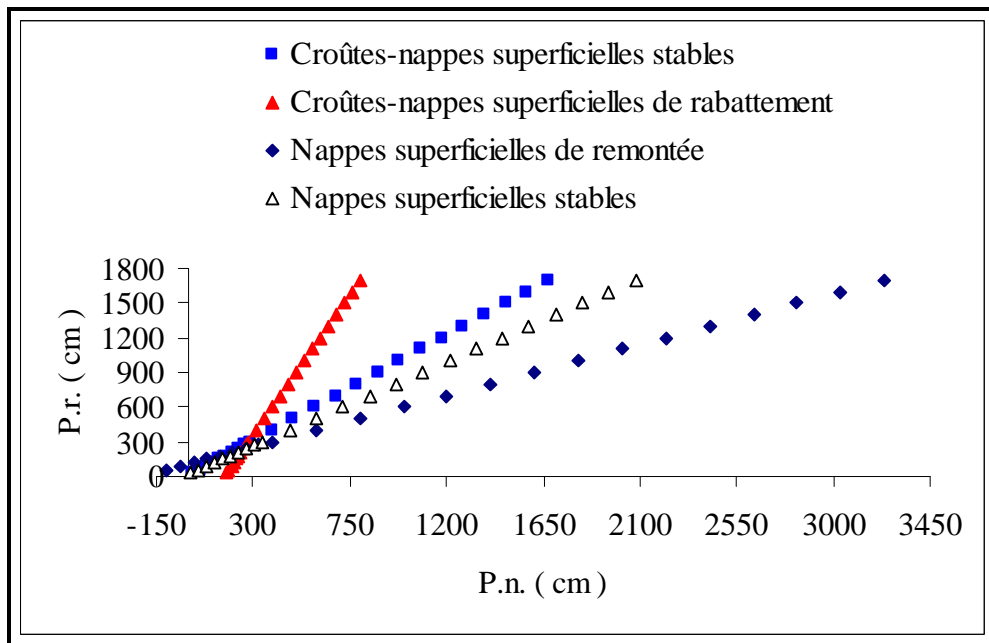


Figure IX 10. Effets des niveaux des nappes phréatiques sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers en conditions hydro-édaphiques

Il est prouvé aussi que l'enracinement des palmiers dattiers en zones de croûtes-nappes superficielles stables présente un géotropisme positif avec le rabattement des nappes. En situation de croûtes gypseuses, l'enracinement présente un géotropisme positif avec le niveau des nappes superficielles semblable à celui des croûtes. Il semble que les croûtes gypseuses

limitent le contact avec les eaux phréatiques et diminuent ainsi l'effet d'hydromorphie sur le système racinaire. Cela constitue des conditions favorables au développement racinaire et à la nutrition des palmiers dattiers, du fait des apports de nappes superficielles en eau et en éléments nutritifs (MONCIERO, 1954). En zones de croûtes soumises à un rabattement de nappes superficielles, l'enracinement présente le même géotropisme avec les nappes, mais supérieur à celui des nappes superficielles stables. L'enracinement reste superficiel, loin de la zone de saturation en eau phréatique. L'enracinement se rapproche progressivement du niveau de la nappe et entre en contact avec celle-ci, quand son niveau est de 263 cm de profondeur. En dépassant ce niveau, la zone racinaire devient submergée et soumise aux effets d'hydromorphie. Le rabattement de la nappe produit un assèchement des sols, ce qui incite le palmier dattier à approfondir son système racinaire pour satisfaire ses besoins de croissance et de nutrition hydrique et minérale.

L'étude montre que la remontée des eaux phréatiques dans les sols des palmeraies est accompagnée par l'augmentation de leur salinité et de leur alcalinité. Dans ce type de zones, nous prévoyons que l'affleurement d'une nappe de plus de 14 cm limite l'enracinement à une profondeur inférieure à 1 m, et soumet ce dernier à un seuil extrême de salinité des eaux phréatiques, dépassant 32 dS.m^{-1} , et est susceptible de limiter la croissance des palmiers dattiers (AYERS et WESTCOT, 1988). La salinité des eaux est accompagnée par une alcalinisation, avec des pH des eaux phréatiques supérieurs à 8. Il semble que les nappes de niveau supérieur à 82 cm de profondeur favorisent un enracinement de profondeur supérieur à 1,5 m. Dans ces conditions, les eaux phréatiques présentent le seuil minimum de salinité toléré par le palmier dattier, inférieur à 4 dS.m^{-1} , et un pH neutre, inférieur à 7,2. Il ressort que le géotropisme racinaire négatif constaté avec le rabattement des nappes, n'est pas du seulement au stress hydrique, mais également aux stress hydro-salin et alcalin, s'amplifiant avec la remontée des eaux phréatiques. Ces stress sont susceptibles de perturber la nutrition des palmiers dattiers à partir d'un niveau de nappe inférieur à 82 cm de profondeur, et produit l'arrêt de croissance et le dépérissement des palmiers dattiers, quand ils sont submergés d'une hauteur d'eau phréatique supérieure à 14 cm.

1.4. Hauteurs des racines aériennes

1.4.1. Normes de classification

Les résultats expérimentaux obtenus pendant nos études montrent que les hauteurs des racines aériennes varient en fonction de l'âge de plantation et de certaines conditions hydro-édaphiques. Les normes de classification sont établies à partir des relations significatives dans les zones hydro-édaphiques de la cuvette de Ouargla. Au vu de nos résultats dans différentes

palmeraies, nous conseillons d'utiliser pour la classification des hauteurs des racines aériennes les relations qui les lient avec l'âge de plantation, et avec d'autres paramètres mesurés dont leurs effets demeurent, indifféremment de l'âge des palmiers dattiers. Ces paramètres sont la profondeur racinaire et les niveaux de croûtes gypso-calcaires et de nappes phréatiques ainsi que la qualité de cette dernière. En zones de nappes profondes sans obstacles mécaniques de croûtes, la hauteur des racines aériennes sera liée uniquement à l'âge de plantation des palmiers dattiers, et aussi les conditions culturales, comme suit : $H.r. = 2,363 \cdot \hat{A}ge - 17,969$, $R^2 = 0,9763$. En zones de croûtes-nappes profondes, nous pouvons utiliser les relations qui lient les hauteurs des racines aériennes des palmeraies de 44 ans avec les niveaux des croûtes et d'enracinement des palmiers dattiers, comme suit :

- $H.r._{44} = - 0,4792 \cdot P.c. + 69,205$, $R^2 = 0,8496$,
- $P.r._{44} = - 1,3729 \cdot H.r. + 156,32$, $R^2 = 0,8296$.

En zones de croûtes-nappes superficielles, les hauteurs des racines aériennes des palmeraies de 20 et 40 ans, augmentent avec l'élévation du niveau des croûtes, sont reliées par la régression linéaire suivante : $H.r._{20-44} = - 2,4844 \cdot P.c. + 235,88$, $R^2 = 0,8064$. L'effet des nappes est similaire à celui des croûtes. Toutefois, les relations varient en fonction de l'état de fluctuation de la nappe phréatique (Fig. IX 11).

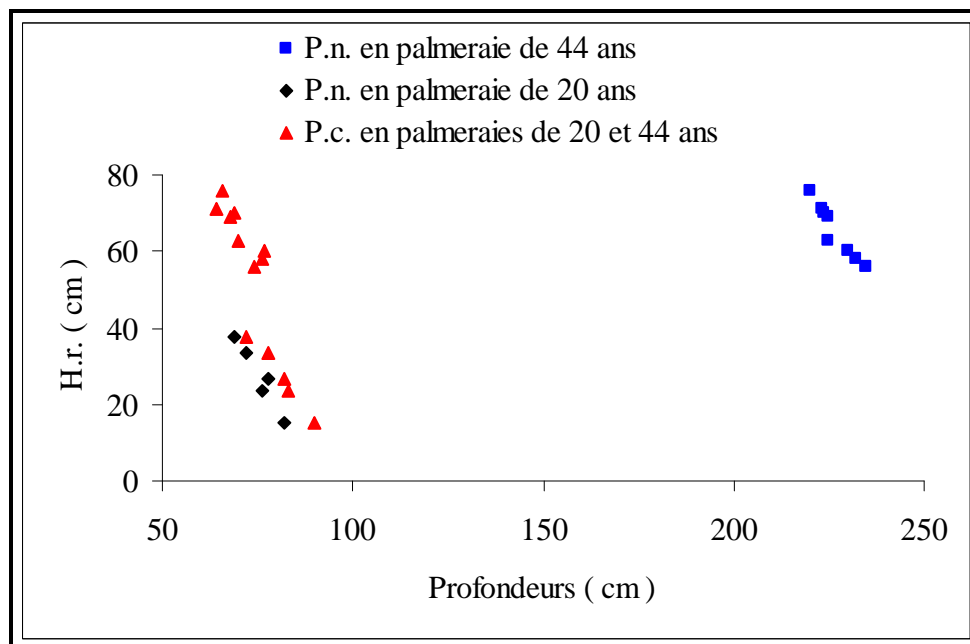


Figure IX 11. Impact des niveaux de croûtes sur les hauteurs des racines aériennes en zones de nappes phréatiques proches de la surface des sols

Les hauteurs des racines aériennes augmentent avec l'âge et la diminution des profondeurs racinaires des palmiers dattiers soumises aux effets du stress hydro-mécanique, produit par la nappe et les croûtes gypseuses. Mais, les relations semblent varier aussi en

fonction de l'état de fluctuation de la nappe phréatique (Fig. IX 12).

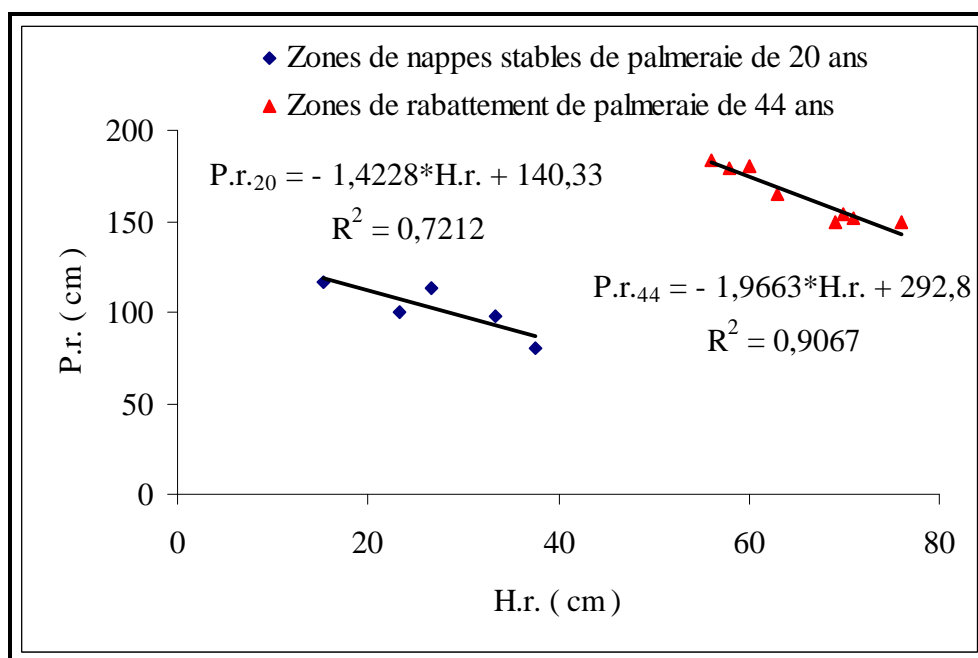


Figure IX 12. Relations entre les hauteurs des racines aériennes et les profondeurs racinaires des palmiers dattiers en zones croûtes-nappes superficielles

Il est prouvé de notre étude que le niveau racinaire des palmiers dattiers varie en fonction des conditions hydro-édaphiques, et que l'effet de l'âge de plantation sur ce dernier est non significatif. L'élévation des nappes limite l'enracinement et son rabattement dans ces zones incite le palmier dattier à approfondir son système racinaire, malgré la résistance mécanique des croûtes gypseuses, pour satisfaire ses besoins nutritifs et de croissance. Les relations significatives proposées pour la classification en fonction du niveau de la nappe, sont les suivantes :

- Zones de niveau de nappes stables : $H.r._{20} = -1,6806 * P.n. + 153,77$ ($R^2 = 0,9404$) et $P.r._{20} = -1,4228 * H.r. + 140,33$ ($R^2 = 0,7212$),
- Zones de rabattement de nappes : $H.r._{44} = -1,344 * P.n. + 370,13$ ($R^2 = 0,9111$) et $P.r._{44} = -1,9663 * H.r. + 292,8$ ($R^2 = 0,9067$).

Il apparaît de l'étude des données que les hauteurs des racines aériennes des palmeraies de 20 et 44 ans augmentent avec la salinité et l'alcalinité des eaux phréatiques, avec une seule relation pour les zones de nappes stables et de rabattement, comme suit (Fig. IX 13 et 14):

- $H.r._{20-44} = 2,7198 * C.E._n + 9,6503$, $R^2 = 0,571$,
- $H.r._{20-44} = 63,407 * pH_n - 442,36$, $R^2 = 0,7928$.

En zones de nappes superficielles sans croûtes, en l'absence de relations en situation

de rabattement de nappes, nous préconisons la relation en situation de remontée de nappes phréatiques qui lie les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers en palmeraies de 16 et 38 ans, avec la profondeur des eaux phréatiques, leur qualité et la profondeur d'enracinement, comme suit:

- $H.r._{16-38} = -1,6424 * P.n. + 125,38, R^2 = 0,9567,$
- $H.r._{16-38} = 5,9341 * C.E._n - 36,023, R^2 = 0,9667,$
- $H.r._{16-38} = 187,39 * pH_n - 1351, R^2 = 0,9499,$
- $P.r._{16-38} = -0,2712 * H.r. + 145, R^2 = 0,5029.$

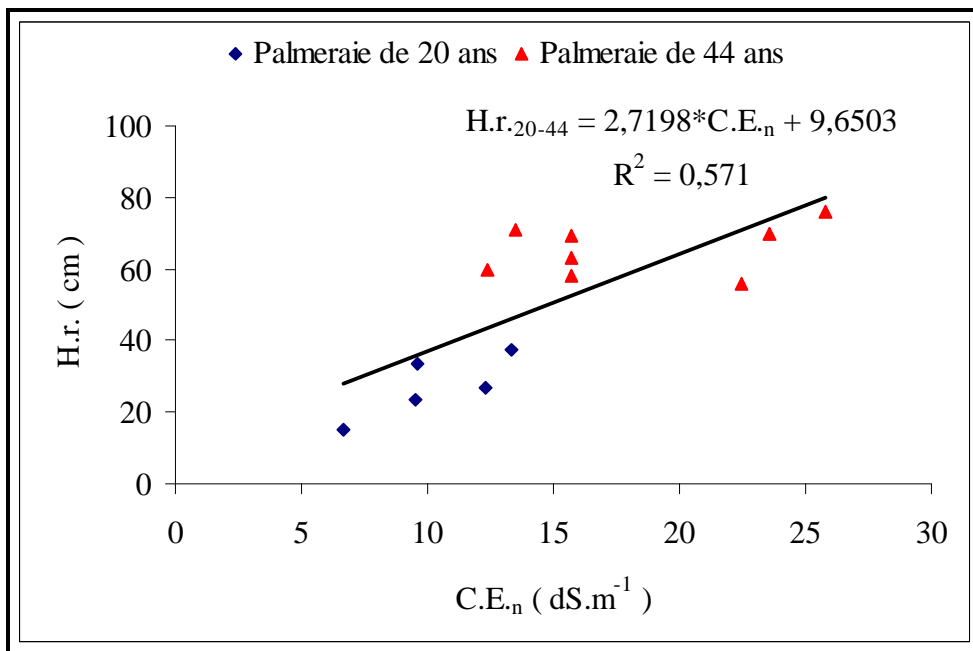


Figure IX 13. Impact de la salinité des eaux phréatiques sur les hauteurs des racines aériennes en zones de croûtes-nappes superficielles

1.4.2. Echelles de classification

Les échelles de classification des hauteurs des racines aériennes sont réalisées sur la base des intervalles observés par types de profils d'accumulations (Tabl. IX 6) et des modèles établis en fonction des relations significatives existantes, avec certains paramètres étudiés dans les différentes zones hydro-édaphiques de la cuvette de Ouargla (Tabl. IX 7). En général, elles montrent que les hauteurs des racines aériennes augmentent avec l'âge de plantation, la diminution des formes d'accumulations gypso-calcaires et la remontée des nappes phréatiques.

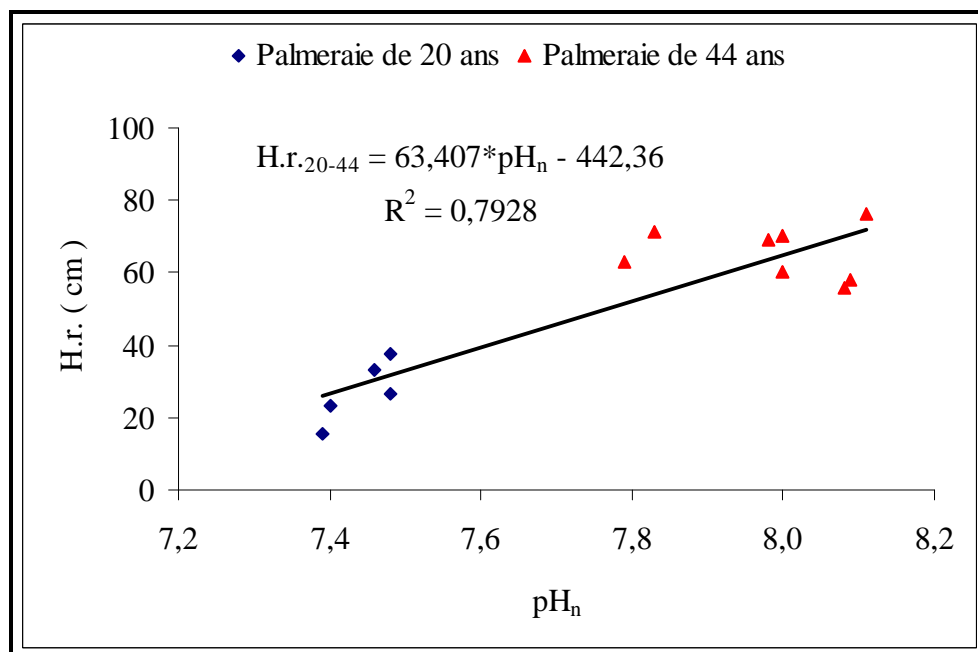


Figure IX 14. Impact de l'alcalinité des eaux phréatiques sur les hauteurs des racines aériennes en zones de croûtes-nappes superficielles

Les hauteurs des racines aériennes prises en compte dans les échelles de relations sont comprises entre un minimum de 1 cm et un maximum théorique (PEYRON, 2000) de 150 cm. Elles montrent un accroissement racinaire aérien variable avec l'âge de plantation des palmiers dattiers, et les profondeurs racinaires, de croûtes et de nappes phréatiques, ainsi que la qualité des eaux phréatiques.

Tableau IX 6. Intervalles des hauteurs des racines aériennes dans les profils de Ouargla

Types de profils	Niveaux des nappes	Âges de plantations (ans)	Hauteurs des racines aériennes (cm)
Réduits	Profond	33 et 44	49,7 à 61,0
	Superficiel	16 et 44	16,3 à 62,0
Réduits-encroûtements	Profond	44	29,0 et 32,0
	Superficiel	38	63,8 à 90,0
Réduits-encroûtements-croûtes	Profond	44	21,0 à 44,0
	Superficiel	20 et 44	15,3 à 71,0
Réduits-croûtes	Superficiel	44	58,0 à 76,0

1.4.3. Discussion

Les hauteurs des racines aériennes dans les échelles d'intervalles augmentent avec la résistance mécanique des formes d'accumulations dans les profils. Elles sont plus importantes

dans les profils de croûtes par rapport à ceux de formes d'accumulations moins importantes d'encroûtements et réduites, et accentuées par la remontée des eaux phréatiques. L'élévation de la compaction et de l'hydromorphie dans les sols limitent le développement racinaire et sa respiration, ce qui incite les palmiers dattiers à développer leurs racines respiratoires dans la base des stipes pour compenser l'insuffisance respiratoire.

Le vieillissement des palmiers dattiers est un autre facteur qui augmente aussi les hauteurs des racines aériennes. Il est probable que les besoins respiratoires des palmiers dattiers deviennent importants avec la croissance végétative, en âge avancé, chose incitant les palmiers dattiers à développer leur système racinaire aérien pour satisfaire leurs besoins respiratoires. L'anoxie reste un des facteurs liés à l'environnement hydro-édaphique, et limitant le bon fonctionnement physiologique des palmiers dattiers.

Nos modèles d'estimation développent davantage les relations existantes entre l'émission des racines aériennes et l'âge de plantation des palmiers dattiers, les profondeurs racinaires et les conditions hydro-édaphiques de Ouargla. Ils montrent qu'en moyenne, les racines aériennes commencent à apparaître à la surface du sol quand le palmier dattier atteint l'âge de 8 ans. En l'absence de conditions de stress et en bonnes conditions culturales, le système racinaire aérien va se développer en fonction de l'âge de plantation des palmiers dattiers Déglet Nour. Le développement de ce système subit des changements en cas de contraintes hydro-édaphiques. La hauteur maximum des racines aériennes de 1,5 m (PEYRON, 2000), peut être atteinte quand les palmiers dattiers arrivent en moyenne à l'âge de 71 ans.

La hauteur des racines aériennes augmente avec l'élévation du niveau des nappes phréatiques, car cela crée des conditions d'hydromorphie qui favorisent l'anoxie et l'émission de nouvelles racines aériennes. En zones de nappe superficielles, nous estimons que pour atteindre une hauteur de racines aériennes de 1,5 m en palmeraies d'âge compris entre 16 et 38 ans, il faut que les eaux phréatiques submergent le sol d'une hauteur de 15 cm. La présence d'une croûte gypseuse aggrave le stress hydrique des nappes par un stress mécanique de croûtes. En zones de croûtes-nappes superficielles, les racines aériennes des palmiers dattiers d'âge compris entre 20 et 44 ans peuvent atteindre une hauteur de 1,5 m, avec un niveau de nappe plus faible estimé, respectivement à 2 et 163,8 cm de profondeur en situation de fluctuation stable et de rabattement. Il semble que le stress hydro-mécanique stimule davantage l'apparition des racines aériennes des palmiers dattiers par rapport au stress hydrique par excès (Fig. IX 15).

Tableau IX 7. Classification des hauteurs racinaires aériennes des palmiers dattiers dans l'environnement hydro-édaphique de Ouargla

H.r. (cm)	Ages de plantation	Croûtes-nappes profondes		Croûtes-nappes superficielles								Nappes superficielles de remontée			
				Nappes stables et de rabattement			Nappes stables		Nappes de rabattement						
		P.c. (cm)	P.r. (cm)	P.c. (cm)	C.E. _n (dS.m ⁻¹)	pH _n	P.n. (cm)	P.r. (cm)	P.n. (cm)	P.r. (cm)	P.n. (cm)	C.E. _n (dS.m ⁻¹)	pH _n	P.r. (cm)	
1	8	142,3	154,9	94,5	0	7,0	90,9	138,9	274,7	290,8	75,7	6,2	7,2	144,7	
10	12	123,5	142,6	90,9	0,1	7,1	85,5	126,1	268,0	273,1	70,3	7,8	7,3	142,3	
20	16	102,7	128,9	86,9	3,8	7,3	79,6	111,9	260,5	253,5	64,2	9,4	7,3	139,6	
30	20	81,8	115,1	82,9	7,5	7,4	73,6	97,6	253,1	233,8	58,1	11,1	7,4	136,9	
40	25	60,9	101,4	78,8	11,2	7,6	67,7	83,4	245,6	214,1	52,0	12,8	7,4	134,2	
50	29	40,1	87,7	74,8	14,8	7,8	61,7	69,2	238,2	194,5	45,9	14,5	7,5	131,4	
60	33	19,2	73,9	70,8	18,5	7,9	55,8	55,0	230,8	174,8	39,8	16,2	7,5	128,7	
70	37	-1,7	60,2	66,8	22,2	8,1	49,8	40,7	223,3	155,2	33,7	17,9	7,6	126,0	
80	41		46,5	62,7	25,9	8,2	43,9	26,5	215,9	135,5	27,6	19,6	7,6	123,3	
90	46		32,8	58,7	29,5	8,4	37,9	12,3	208,4	115,8	21,5	21,2	7,7	120,6	
100	50		19,0	54,7	33,2	8,6	32,0		201,0	96,2	15,5	22,9	7,7	117,9	
110	54		5,3	50,7	36,9	8,7	26,0		193,5	76,5	9,4	24,6	7,8	115,2	
120	58			46,6	40,6	8,9	20,1		186,1	56,8	3,3	26,3	7,8	112,5	
130	63			42,6	44,2	9,0	14,1		178,7	37,2	-2,8	28,0	7,9	109,7	
140	67			38,6	47,9	9,2	8,2		171,2	17,5	-8,9	29,7	8,0	107,0	
150	71			34,6	51,6	9,3	2,2		163,8		-15,0	31,3	8,0	104,3	

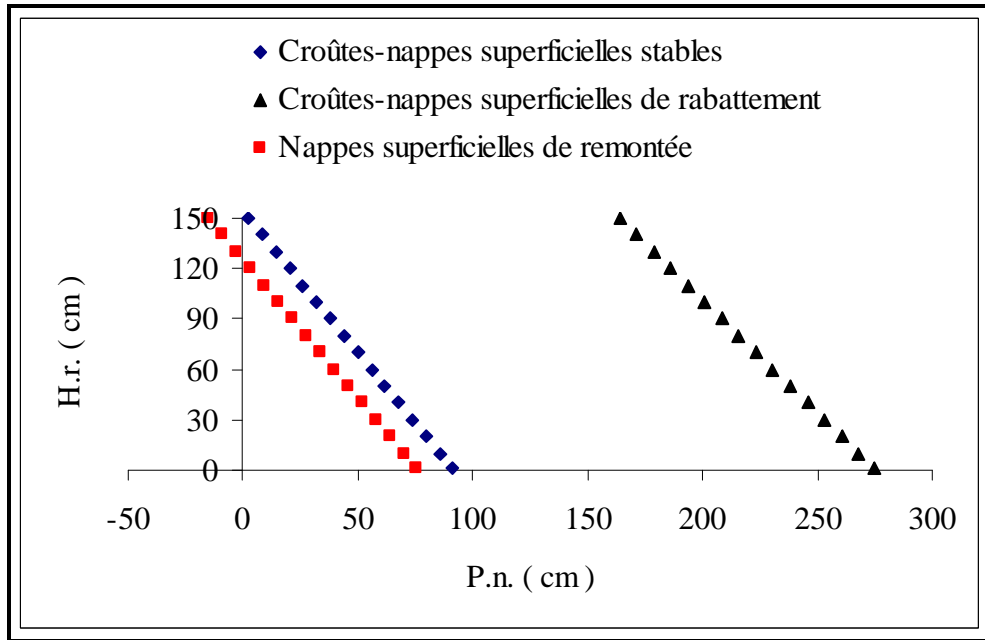


Figure IX 15. Impact du niveau de la nappe phréatique sur la hauteur des racines aériennes en conditions hydro-édaphiques

L'augmentation de la salinité et l'alcalinité des eaux phréatiques stimulent le développement du système racinaire aérien de façon plus importante en zones de nappes superficielles par rapport aux zones de croûtes-nappes superficielles. Nous estimons que pour atteindre une hauteur de racines aériennes de 1,5 m, la salinité des eaux phréatiques passe respectivement dans ces zones de 31,3 à 51,6 dS.m^{-1} et le pH de 8 à 9,3 (Fig. IX 16 et 17).

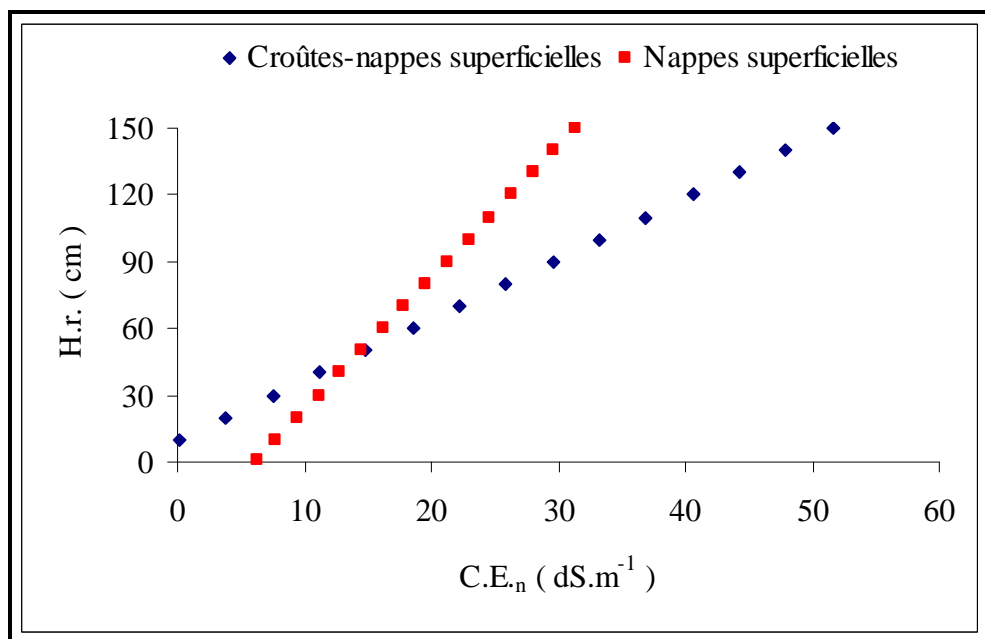


Figure IX 16. Impact de la salinité des eaux phréatiques sur la hauteur des racines aériennes en conditions hydro-édaphiques

Les résultats obtenus antérieurement dans le chapitre (VII) montrent que les eaux phréatiques superficielles en l'absence de croûtes présentent un effet de salinisation plus élevé sur des sols par rapport à ceux de croûtes. Les effets du stress salin sur les palmiers dattiers augmentent et stimulent l'émission des racines aériennes. Cela peut expliquer les résultats (Tabl. IX 7) qui montrent l'existence d'effets différents de nappes phréatiques entre les zones de croûtes et sans croûtes. Les effets du stress hydrique sur la hauteur des racines aériennes augmentent avec la salinisation et l'alcalinisation des sols sans croûtes, et diminuent avec la réduction de ces derniers en sols de croûtes.

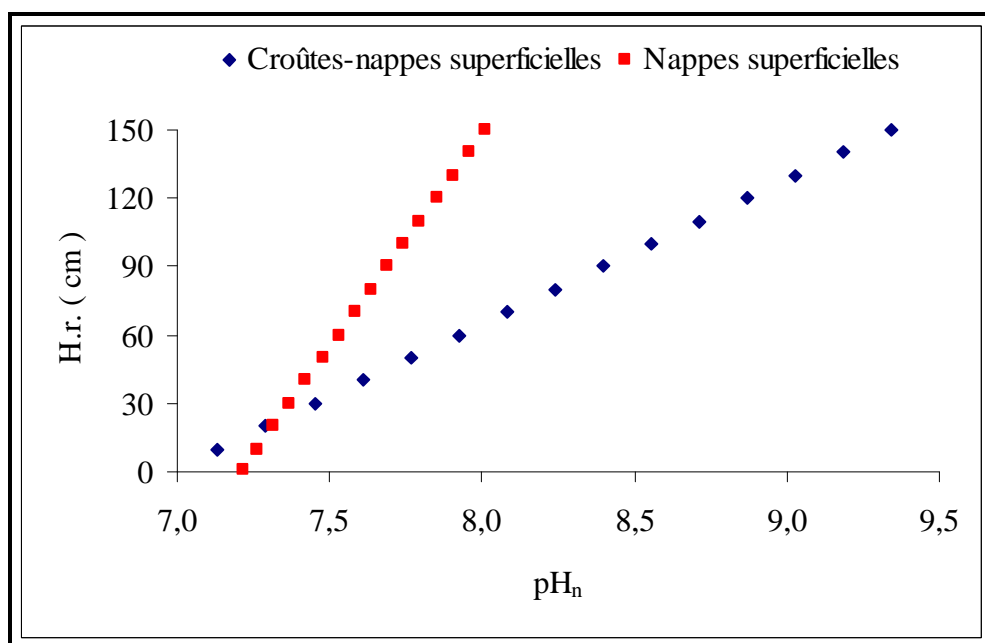


Figure IX 17. Impact du pH des eaux phréatiques sur la hauteur des racines aériennes en conditions hydro-édaphiques

Le développement du système racinaire aérien est stimulé par l'élévation du niveau des croûtes gypseuses, puisque celles-ci créent un stress mécanique qui favorise l'asphyxie, et de ce fait l'émission de nouvelles racines aériennes. L'effet des croûtes est plus important en zones de nappes superficielles par rapport à celles de nappes profondes. Cela montre que le stress hydro-mécanique favorise davantage l'apparition des racines aériennes des palmiers dattiers par rapport au stress mécanique (Fig. IX 18). Les racines aériennes commencent à apparaître quand le niveau des croûtes est situé à 1,44 m de profondeur en zones de palmeraie de 44 ans de croûtes-nappes profondes, et 0,95 m de profondeur en zones de palmeraies, de 20 et 44 ans, de croûtes-nappes superficielles. Les hauteurs des racines aériennes arrivent à leur maximum quand les croûtes gypseuses affleurent à la surface des sols. Elles peuvent atteindre 2,36 m en zones de croûtes-nappes superficielles, et l'accroissement ne dépasse pas 0,69 m en zones de croûtes-nappes profondes.

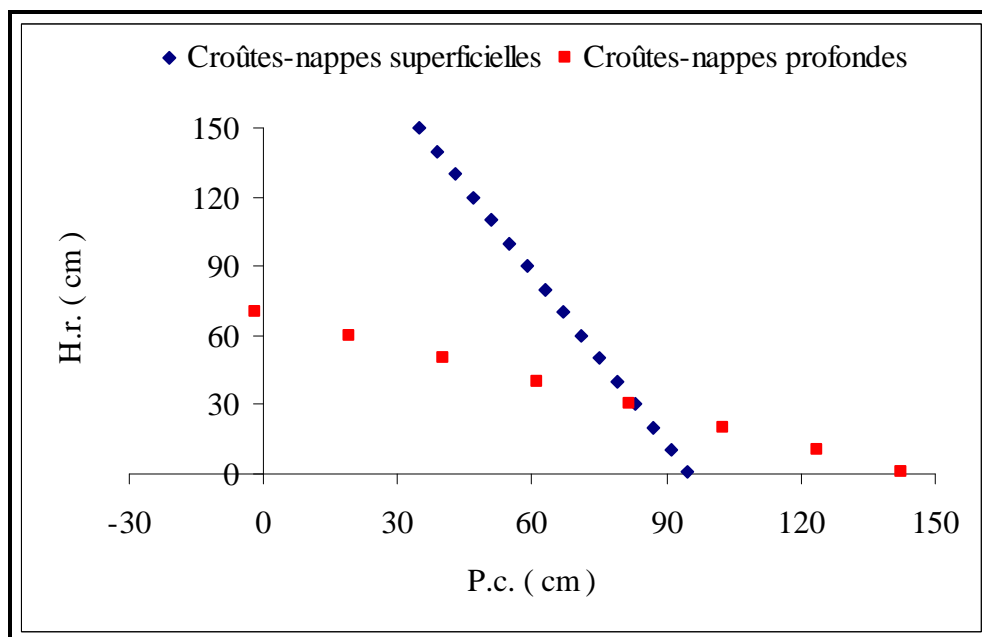


Figure IX 18. Impact du niveau des croûtes gypseuses sur la hauteur des racines aériennes en conditions hydro-édaphiques

Les racines aériennes en zones de nappes profondes apparaissent quand les croûtes sont à un niveau plus profond par rapport à celui en zones de nappes superficielles. Cela est lié aux conditions de dégradation dans les sols de croûtes-nappes profondes, caractérisés par un dessèchement, une salinité et une compaction importante. Celles-ci favorisent l'apparition de racines aériennes, limitant en même temps leur accroissement, signes de réduction de croissance végétative à cause peut-être de troubles nutritionnels. Toutefois, la présence de nappes phréatiques offre des conditions d'humidité qui diminuent la compaction des croûtes, et favorise ainsi l'enracinement, la nutrition et le développement des palmiers dattiers. Ces conditions hydro-édaphiques retardent l'apparition des racines aériennes tant qu'elles ne constituent pas un stress pour les palmiers dattiers. A partir d'un seuil critique de tolérance pour l'élévation du niveau des nappes et des croûtes, les palmiers dattiers commencent à développer des racines aériennes, signes de stress hydro-mécaniques. L'élévation de ces derniers provoque l'accroissement des racines aériennes suite aux conditions difficiles du milieu.

Les hauteurs des racines aériennes augmentent avec la diminution des profondeurs racinaires des palmiers dattiers (Fig. IX 19). Les modèles établis dans les palmeraies de 44 ans pour les sols de croûtes-nappes profondes et croûtes-nappes superficielles de rabattement, montrent que la présence des eaux phréatiques et leur rabattement augmentent le niveau de développement racinaire aérien et souterrain. Cela montre que l'enracinement souterrain des palmiers dattiers, en s'approfondissant avec le rabattement des eaux phréatiques, augmente le

niveau d'enracinement aérien pour satisfaire les besoins de respiration. Toutefois, nous constatons que la remontée des nappes phréatiques superficielles en l'absence de croûtes dans les palmeraies de 16 et 38 ans limite sévèrement l'approfondissement racinaire tout en stimulant le développement des racines aériennes. Il apparaît probablement que l'effet du stress hydro-halomorphe produit par la remontée des eaux phréatiques dépasse celui du stress hydro-mécanique en présence de croûtes gypseuses et de nappe en situation de rabattement. Les effets de fluctuation des nappes phréatiques sur le rapport entre le développement racinaire aérien et souterrain reste difficiles à montrer en l'absence de tous les modèles d'enracinement possibles pour toutes les situations de nappes, en présence ou en l'absence de croûtes gypseuses, et avec différentes catégories d'âges de palmeraies. Cependant, nous remarquons que le niveau d'enracinement en palmeraie âgée de 44 ans dépasse celui de 20 ans, présents respectivement dans les sols de croûtes-nappes superficielles de rabattement et les sols de croûtes-nappes superficielles stables. Mais, l'effet de fluctuation des nappes phréatiques reste difficile à établir avec une différence d'âges de palmeraies.

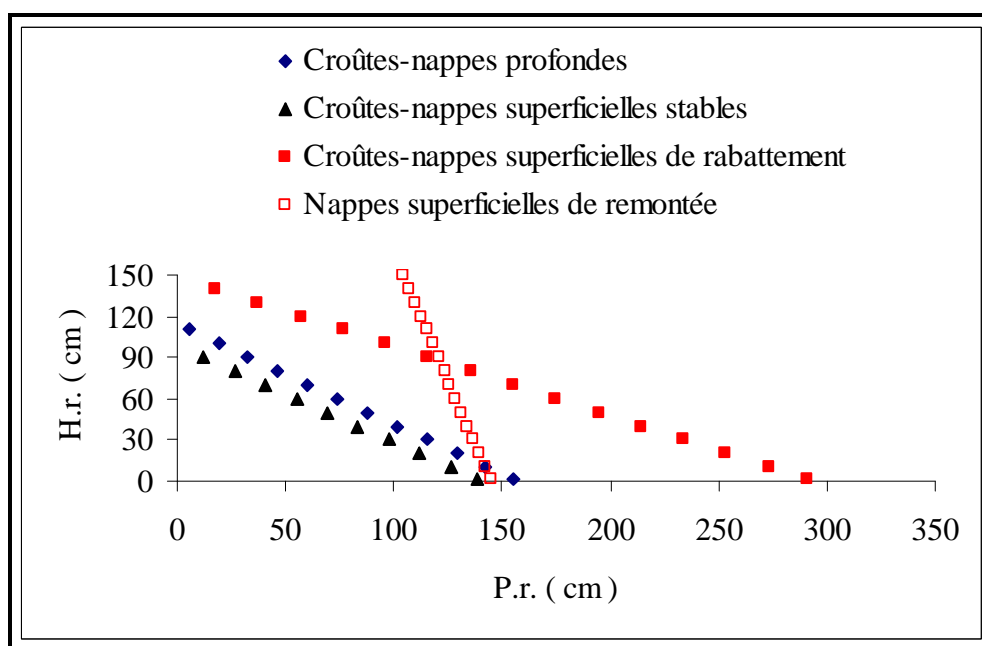


Figure IX 19. Relations entre la hauteur des racines aériennes et la profondeur racinaire en conditions hydro-édaphiques

2. Profils d'enracinement

L'étude des profils nous a permis de constater que l'enracinement du palmier dattier change avec les conditions hydro-édaphiques des sols, principalement le niveau de la nappe phréatique et les obstacles gypso-calcaires. L'enracinement du palmier dattier est freiné dans les profils à cause du niveau de la nappe phréatique et de la résistance mécanique des accumulations gypso-calcaires. La compacité des sols augmente vers le fond du profil, avec

l'importance de ces accumulations.

2.1. Clés de classifications

Les données bibliographiques et nos résultats expérimentaux dans la cuvette de Ouargla, nous ramènent à proposer une classification des profils d'enracinement dans les sols en fonction de la profondeur racinaire, des nappes phréatiques, des obstacles mécaniques gypso-calcaires et la nature des accumulations dans les profils. Nous avons adopté les critères de classification suivants :

1. Niveaux d'enracinement (Nr), nommés en lettres majuscules dans la classification (ex : A),
2. Niveaux des obstacles hydro-mécaniques (No), subdivisés suivant les niveaux de nappes phréatiques (Nn), et celles des obstacles mécaniques durs de sels peu solubles (Nm). Ils sont nommés en lettres minuscules dans la classification (ex : a),
3. Natures des accumulations dans les profils (Np), subdivisées suivant les formes (Fc) et les degrés d'accumulations en sels peu solubles (Dc), les degrés de salinités (Ds) et les degrés de richesse en éléments grossiers (Dg). Elles sont nommées en chiffres arabes dans la classification (ex : 1).

Cette classification va aboutir sur des types de profils d'enracinement (Tp), nommés en lettres majuscules, lettres minuscules et chiffres arabes, comme à titre d'exemple « Aa1 ». Pour faciliter l'utilisation de cette clé de classification, nous allons désigné ces types de profils d'enracinement par des codes de profils (Cp), de numéros (ex : Aa1 = 1).

2.1.1. Niveaux d'enracinement

D'après DUBOST (1991), pour assurer un bon développement végétatif et racinaire des palmiers dattiers, le niveau de la nappe phréatique doit être maintenu à environ 1,3 m en terrains sableux, éventuellement à 1,5 m quand les terres sont limoneuses. En général, nous pouvons considérer que 1,5 m de profondeur est un seuil optimum qu'il faut dépasser, afin d'assurer une bonne croissance racinaire et végétative du palmier dattier.

85 % des racines sont répartis dans une zone de 2 m de profondeur (MUNIER, 1973 ; ZAID et ARIAS-JIMENEZ, 2002). Au-delà de cette profondeur, on trouve les racines d'absorption pivotantes (MUNIER, 1973 ; DJERBI, 1994 ; PEYRON, 2000). Elles peuvent atteindre une profondeur maximum variable entre 7,01 et 17 m (SIMMONS, 1926 ; ARMSTRONG et FURR, 1959 ; PEYRON, 2000). La profondeur maximum de notre sondage, estimée à 3 m, couvre presque la moitié du seuil minimum de la profondeur d'enracinement du palmier dattier, évaluée à 3,5 m par ARMSTRONG et FURR (1959). Nous pouvons concéder que la profondeur d'enracinement comprise entre 1,5 et 3 m est moyenne,

et au-delà de cette dernière, l'enracinement est profond. Les profils d'enracinement peuvent être subdivisés donc en trois niveaux d'enracinement. Cela nous ramène à trois groupes de profils d'enracinement (Gp) : A, B et C., comme suit :

- A. Profils d'enracinement profonds, de niveaux dépassant 3 m de profondeur,
- B. Profils d'enracinement moyennement profonds, de niveaux compris entre 1,5 et 3 m de profondeur,
- C. Profils d'enracinement superficiels, de niveaux inférieurs à 1,5 m de profondeur.

2.1.2. Niveaux des obstacles hydro-mécaniques

Il a été prouvé par nos études expérimentales que l'enracinement des palmiers dattiers est limité par des obstacles hydriques de nappes phréatiques et des obstacles mécaniques durs de sels peu solubles, comme les croûtes gypso-calcaires. Dans les sols calcaires, nous pouvons observer aussi d'autres obstacles mécaniques pétriques. Ce sont des roches sous-jacentes en calcaire ou calcaire dolomitique dur, en « dalles ». Ces dernières n'ont pas été observées au cours de notre étude dans la cuvette de Ouargla. Les niveaux des obstacles de nappes phréatiques (Nn) et mécaniques durs (Nm) sont subdivisés en trois profondeurs similaires à celles proposées pour les profondeurs racinaires, vu les corrélations positives significatives démontrées au cours de ces travaux de recherches. La combinaison de ces niveaux nous a conduit à dénombrer neuf niveaux d'obstacles hydro-mécaniques (No). Ils sont représentés en lettres minuscules de « a à i ». (Tabl. IX 8).

Tableau IX 8. Niveaux d'obstacles hydro-mécaniques probables dans les profils de sols

No	Nn	Nm	Caractéristiques des profils
a	1	1	nappes phréatiques et obstacles mécaniques profonds
b	1	2	nappes phréatiques profondes et obstacles mécaniques moyennement profonds
c	1	3	nappes phréatiques profondes et obstacles mécaniques superficiels
d	2	1	nappes phréatiques moyennement profondes et obstacles mécaniques profonds
e	2	2	nappes phréatiques et obstacles mécaniques moyennement profonds
f	2	3	nappes phréatiques moyennement profondes et obstacles mécaniques superficiels
g	3	1	nappes phréatiques superficielles et obstacles mécaniques profonds
h	3	2	nappes phréatiques superficielles et obstacles mécaniques moyennement profonds
i	3	3	nappes phréatiques et obstacles mécaniques superficiels

No : niveaux d'obstacles hydro-mécaniques, Nn : niveaux de nappes phréatiques et Nm : niveaux d'obstacles mécaniques durs.

2.1.3. Natures des accumulations dans les profils

Notre étude montre que l'enracinement des palmiers dattiers est confronté à des accumulations de natures variables : des éléments grossiers, des sels peu solubles et des sels solubles, avec des degrés de richesse différents. Elles constituent des éléments de stress pour le développement des palmiers dattiers et leur nutrition, comme il a été constaté au cours de nos travaux expérimentaux. Les formes d'accumulations en sels peu solubles sont aussi variables : réduites, encroûtements et croûtes qui constituent un obstacle mécanique dur difficilement pénétrable par les racines. Certaines formes réduites non pas été observées comme les pseudomycéliums et les dalles connues chez les sols calcaires.

Nous avons défini la nature des accumulations dans les profils (Np) d'enracinement, selon les combinaisons possibles des critères morpho-analytiques des sols. Les critères morphologiques sont représentés par les formes des accumulations en sels peu solubles (Fc) et les degrés de richesse en éléments grossiers (Dg). Les critères analytiques moyens dans les profils sont représentés par les degrés d'accumulations en sels peu solubles (Dc) et les degrés de salinités (Ds). Les analyses des sols doivent s'effectuer de préférence dans les zones édaphiques accessibles par le sondage, entre 0 et 3 m de profondeur, particulièrement si les obstacles mécaniques durs, de types gypso-calcaires sont localisés entre 1,5 et 3 m. Toutefois, en l'absence d'obstacles mécaniques durs ou leur présence en couches superficielles des sols, nous pouvons limiter les analyses des sols à la zone racinaire de nutrition située au-dessus de 1,2 m de profondeur (MUNIER, 1973).

Pour les critères morphologiques, nous avons constaté d'après nos travaux de recherche et d'autres études menées sur les sols gypseux et calcaires au Sahara (POUGET, 1968 ; DUTIL, 1971 ; HAMDIAÏSSA, 2001), l'existence de huit formes d'accumulations (Fc) possibles en sels peu solubles dans les profils, comme suit :

1. Accumulations en sels peu solubles de formes réduites: diffuses, pseudomycélium, cristaux, amas et nodules,
2. Accumulations en sels peu solubles de formes réduites-encroûtements,
3. Accumulations en sels peu solubles de formes réduites-encroûtements-croûtes,
4. Accumulations en sels peu solubles de formes réduites-croûtes,
5. Accumulations en sels peu solubles de formes réduites-encroûtements-dalles,
6. Accumulations en sels peu solubles de formes réduites-encroûtements-croûtes-dalles,
7. Accumulations en sels peu solubles de formes réduites-croûtes-dalles,
8. Accumulations en sels peu solubles de formes réduites-dalles.

Certain profils de sols présentent des fois des horizons constitués d'éléments grossiers de différents diamètres (BAIZE, 1988 ; BAIZE et JABIOL, 1995): graviers, cailloux, pierres et blocs. Il est prouvé de nos études que les profils sans éléments grossiers ou présentant un certain taux de graviers et de cailloux ne constituent pas un obstacle mécanique pour l'enracinement des palmiers dattiers. Toutefois, l'augmentation de la dimension et du taux des éléments grossiers, principalement les pierres et les blocs, limite l'enracinement des palmiers dattiers. Nous pouvons au cours de la description morphologique des profils des sols estimer les degrés de richesse en éléments grossiers par rapport à leur impact sur l'enracinement du fait de leurs proportions, dimensions, formes, duretés, emplacements dans les profils et la cimentation entre les éléments grossiers. Pour cela, nous avons dénombré deux cas possibles de degrés de richesse en éléments grossiers (Dg) dans les profils, comme suit :

1. Profils pauvres en éléments grossiers avec un impact faible sur l'enracinement, à cause de leurs faibles proportions, dimensions et cimentations,
2. Profils riches en éléments grossiers avec un impact élevé sur l'enracinement, à cause de leurs proportions, dimensions, duretés et cimentations élevés.

Dans nos travaux, nous avons montré l'impact des degrés d'accumulations en sels peu solubles et solubles sur la morphologie et le développement racinaire des palmiers dattiers. Il est impératif donc de mesurer les degrés moyens de ces critères analytiques dans les profils à cause de leurs effets de stress sur l'enracinement et la nutrition des palmiers dattiers. Les degrés d'accumulations moyens en sels peu solubles (Dc), sont très variables dans les profils. Ils sont de types gypseux et calcaires. Sur la base des échelles de richesse des sols gypseux (BARZANJI, 1973 ; F.A.O., 1990) et calcaires (BAIZE, 1988). Les échelles sont exprimées en pour cent de la terre fine totale. Dans le cas particulier de sols calcaires contenant de la dolomite, le taux de « carbonates total » est conventionnellement exprimé sous la forme de CaCO_3 , malgré la présence du magnésium (BAIZE, 1988). Nous avons dénombré en général quatre cas de degrés d'accumulations en sels peu solubles, comme suit :

1. Profils pauvres en sels peu solubles : calcaires ($\text{CaCO}_3 \leq 5 \%$) et gypses ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O} \leq 10 \%$),
2. Profils calcaires : modérément à excessivement calcaires ($\text{CaCO}_3 > 5 \%$) et pauvre en gypse ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O} \leq 10 \%$),
3. Profils gypso-calcaires : modérément à extrêmement gypseux ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O} > 10 \%$) et modérément à excessivement calcaire ($\text{CaCO}_3 > 5 \%$),
4. Profils gypseux : modérément à extrêmement gypseux ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O} > 10 \%$) et pauvre en calcaire ($\text{CaCO}_3 \leq 5 \%$).

Les degrés de salinités moyennes des sols (Ds), représentent le deuxième critère analytique à mesurer dans les profils. D'après AUBERT (1978), les sols sont considérés salés quand la conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée (C.E._e) ou l'extrait dilué 1:5 (C.E._{e1:5}) dépasse respectivement 4 et 1,2 dS.m⁻¹. Cette limite est similaire au seuil critique de salinité pour les palmiers dattiers estimée à 4 dS.m⁻¹ en l'extrait de pâte saturée (AYERS et WESTCOT, 1988). Nous avons classé les profils donc en deux catégories par rapport à leur richesse en sels solubles, comme suit :

1. Profils pauvres en sels solubles : non à peu selés (C.E._e ou C.E._{e1:5} ≤ 4 ou 1,2 dS.m⁻¹),
2. Profils salés : salés à extrêmement salés (C.E._e ou C.E._{e1:5} > 4 ou 1,2 dS.m⁻¹).

Les profils d'enracinement peuvent être soumis à des accumulations de natures variables, selon les combinaisons possibles des critères morpho-analytiques précités. Nous avons dénombré quatre vingt quatre cas possibles de natures des accumulations dans les profils (Np) des sols. Ils sont représentés en chiffres arabes de « 1 à 84 » (Tabl. IX 9).

Tableau IX 9. Natures des accumulations probables dans les profils des sols

Np	Fc	Dc	Ds	Dg	Caractéristiques des profils
1	1	1	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et peu solubles
2	1	1	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et en sels peu solubles
3	1	2	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et calcaires sous forme réduite
4	1	2	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et calcaires sous forme réduite
5	1	3	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et gypso-calcaires sous forme réduite
6	1	3	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et gypso-calcaires sous forme réduite
7	1	4	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et gypseux sous forme réduite
8	1	4	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et gypseux sous forme réduite
9	1	1	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et peu solubles
10	1	1	2	2	salés, riches en éléments grossiers et pauvres en sels peu solubles
11	1	2	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et calcaires sous forme réduite
12	1	2	2	2	salés, riches en éléments grossiers et calcaires sous forme réduite
13	1	3	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et gypso-calcaires sous forme réduite
14	1	3	2	2	salés, riches en éléments grossiers et gypso-calcaires sous forme réduite

15	1	4	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et gypseux sous forme réduite
16	1	4	2	2	salés, riches en éléments grossiers et gypseux sous forme réduite
17	2	2	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et calcaires sous forme réduite-encroûtement
18	2	2	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et calcaires sous forme réduite-encroûtement
19	2	3	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et gypso-calcaires sous forme réduite-encroûtement
20	2	3	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et gypso-calcaires sous forme réduite-encroûtement
21	2	4	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et gypseux sous forme réduite-encroûtement
22	2	4	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et gypseux sous forme réduite-encroûtement
23	2	2	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et calcaires sous forme réduite-encroûtement
24	2	2	2	2	salés, riches en éléments grossiers et calcaires sous forme réduite-encroûtement
25	2	3	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et gypso-calcaires sous forme réduite-encroûtement
26	2	3	2	2	salés, riches en éléments grossiers et gypso-calcaires sous forme réduite-encroûtement
27	2	4	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et gypseux sous forme réduite-encroûtement
28	2	4	2	2	salés, riches en éléments grossiers et gypseux sous forme réduite-encroûtement
29	3	2	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et calcaires sous forme réduite-encroûtement-croûte
30	3	2	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et calcaires sous forme réduite-encroûtement-croûte
31	3	3	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et gypso-calcaires sous forme réduite-encroûtement-croûte
32	3	3	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et gypso-calcaires sous forme réduite-encroûtement-croûte
33	3	4	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et gypseux sous forme réduite-encroûtement-croûte
34	3	4	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et gypseux sous forme réduite-encroûtement-croûte
35	3	2	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et calcaires sous forme réduite-encroûtement-croûte
36	3	2	2	2	salés, riches en éléments grossiers et calcaires sous forme réduite-encroûtement-croûte
37	3	3	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et gypso-calcaires sous forme réduite-encroûtement-croûte
38	3	3	2	2	salés, riches en éléments grossiers et gypso-calcaires sous forme réduite-encroûtement-croûte
39	3	4	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et gypseux sous forme réduite-encroûtement-croûte

40	3	4	2	2	salés, riches en éléments grossiers et gypseux sous forme réduite-encroûtement-croûte
41	4	2	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et calcaires sous forme réduite-croûte
42	4	2	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et calcaires sous forme réduite-croûte
43	4	3	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et gypso-calcaires sous forme réduite-croûte
44	4	3	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et gypso-calcaires sous forme réduite-croûte
45	4	4	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et gypseux sous forme réduite-croûte
46	4	4	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et gypseux sous forme réduite-croûte
47	4	2	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et calcaires sous forme réduite-croûte
48	4	2	2	2	salés, riches en éléments grossiers et calcaires sous forme réduite-croûte
49	4	3	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et gypso-calcaires sous forme réduite-croûte
50	4	3	2	2	salés, riches en éléments grossiers et gypso-calcaires sous forme réduite-croûte
51	4	4	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et gypseux sous forme réduite-croûte
52	4	4	2	2	salés, riches en éléments grossiers et gypseux sous forme réduite-croûte
53	5	2	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et calcaires sous forme réduite-encroûtement-dalle
54	5	2	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et calcaires sous forme réduite-encroûtement-dalle
55	5	3	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et gypso-calcaires sous forme réduite-encroûtement-dalle
56	5	3	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et gypso-calcaires sous forme réduite-encroûtement-dalle
57	5	2	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et calcaires sous forme réduite-encroûtement-dalle
58	5	2	2	2	salés, riches en éléments grossiers et calcaires sous forme réduite-encroûtement-dalle
59	5	3	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et gypso-calcaires sous forme réduite-encroûtement-dalle
60	5	3	2	2	salés, riches en éléments grossiers et gypso-calcaires sous forme réduite-encroûtement-dalle
61	6	2	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et calcaires sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
62	6	2	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et calcaires sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
63	6	3	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et gypso-calcaires sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle

64	6	3	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et gypso-calcaires sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
65	6	2	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et calcaires sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
66	6	2	2	2	salés, riches en éléments grossiers et calcaires sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
67	6	3	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et gypso-calcaires sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
68	6	3	2	2	salés, riches en éléments grossiers et gypso-calcaires sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
69	7	2	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et calcaires sous forme réduite-croûte-dalle
70	7	2	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et calcaires sous forme réduite-croûte-dalle
71	7	3	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et gypso-calcaires sous forme réduite-croûte-dalle
72	7	3	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et gypso-calcaires sous forme réduite-croûte-dalle
73	7	2	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et calcaires sous forme réduite-croûte-dalle
74	7	2	2	2	salés, riches en éléments grossiers et calcaires sous forme réduite-croûte-dalle
75	7	3	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et gypso-calcaires sous forme réduite-croûte-dalle
76	7	3	2	2	salés, riches en éléments grossiers et gypso-calcaires sous forme réduite-croûte-dalle
77	8	2	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et calcaires sous forme réduite-dalle
78	8	2	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et calcaires sous forme réduite-dalle
79	8	3	1	1	pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et gypso-calcaires sous forme réduite-dalle
80	8	3	2	1	salés, pauvres en éléments grossiers et gypso-calcaires sous forme réduite-dalle
81	8	2	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et calcaires sous forme réduite-dalle
82	8	2	2	2	salés, riches en éléments grossiers et calcaires sous forme réduite-dalle
83	8	3	1	2	riches en éléments grossiers, pauvres en sels solubles et gypso-calcaires sous forme réduite-dalle
84	8	3	2	2	salés, riches en éléments grossiers et gypso-calcaires sous forme réduite-dalle

Np : natures des accumulations dans les profils, **Fc** : formes des accumulations en sels peu solubles, **Dc** : degrés d'accumulations en sels peu solubles, **Ds** : degrés de salinités et **Dg** : degrés de richesse en éléments grossiers.

2.1.4. Types de profils d'enracinement

L'utilisation des paramètres de la clé de classification nous a conduit à déterminer 1260 types de profils d'enracinement profonds, moyennement profonds et superficiels, appartenant respectivement aux groupes de profils A, B et C (Annexe 11, 12 et 13). Chacun

d'eux présente 420 types de profils avec des caractéristiques hydro-édaphiques variables (Annexe 14).

Il est possible aussi de pousser cette classification, en subdivisant les types de profils de chaque groupe en sous-types en fonction du nombre des horizons, de leurs natures morpho-analytiques, et l'ordre de succession des formes et degrés d'accumulations en éléments grossiers, sels peu solubles et solubles dans les profils.

2.2. Classifications des profils de Ouargla

Nous avons constaté après classification des profils d'enracinement des palmiers dattiers que les palmeraies de la cuvette de Ouargla présentent trois groupes de profils d'enracinement : A, B et C. Ils sont respectivement profonds, moyennement profonds et superficiels. Nous avons pu recenser dans ces groupes 14 types de profils d'enracinement. Ils se caractérisent par des niveaux d'obstacles hydro-mécaniques variables et des accumulations variables en éléments grossiers, sels peu solubles et solubles (Tabl. IX 10). Nos études expérimentales ont pu seulement identifier qu'environ 1 % des types présentés dans toute la nomenclature de classification.

Le groupe A d'enracinement profond, présente deux types de profils d'enracinement avec des nappes phréatiques et des obstacles mécaniques profonds : Aa1 et Aa3. Le premier pauvre en éléments grossiers, en sels solubles et peu solubles, et le deuxième avec les mêmes caractéristiques, sauf qu'il présente du calcaire en forme réduite.

Le groupe B d'enracinement moyennement profond présente six types de profils d'enracinement : Ba6, Bd6, Bf32, Bf34, Bf46 et Bg8. Ils présentent quatre niveaux d'obstacles hydro-mécaniques : a, d, f et g, où les niveaux des nappes phréatiques sont profonds, moyennement profonds et superficiels, et les obstacles mécaniques profonds et superficiels. Ces profils d'enracinement sont salés, pauvres en éléments grossiers et gypseux à gypso-calcaires, sous formes réduites, réduites-encroûtements-croûtes et réduites-croûtes.

Le groupe C d'enracinement superficiel présente six types de profils d'enracinement : Ca24, Ca26, Cc32, Cc38, Cg8, Cg22 et Ci34. Ils présentent quatre niveaux d'obstacles hydro-mécaniques : a, c, g et i, où les niveaux des nappes phréatiques et des obstacles mécaniques sont profonds et superficiels. Ces profils d'enracinement sont salés, pauvres à riches en éléments grossiers, gypseux et calcaires à gypso-calcaires, sous formes réduites, réduites-encroûtements et réduites-encroûtements-croûtes.

Tableau IX 10. Classification des profils d'enracinement dans les stations d'études

Stations		N° des Profils	Agés de plantations (ans)	Types	Codes
Exploitation de l'université de Ouargla	Demi-secteur A1	1	44	Ba6	426
		2	44	Bd6	566
		3	44	Bd6	566
		4	44	Bf32	648
		5	44	Bf34	650
	Demi-secteur A2	1	44	Bf34	650
		2	44	Cc32	928
		3	44	Cc32	928
		4	44	Cc32	928
		5	44	Cc32	928
	Demi-secteur B1	1	44	Cc38	934
		2	44	Cc38	934
		3	44	Ca26	866
		4	44	Ca24	864
		5	44	Cc38	934
	Demi-secteur B2	1	44	Cc38	934
		2	44	Cc38	934
		3	44	Cc38	934
		4	44	Cc38	934
		5	44	Cc38	934
Demi-secteur C1	1	44	Bf46	662	
	2	44	Bf46	662	
	3	44	Bf46	662	
	4	44	Bf46	662	
	5	44	Bf46	662	
Exploitation de Hassi Ben Abdallah		1	33	Aa1	1
		2	33	Aa1	1
		3	33	Aa3	3
		4	33	Aa1	1
		5	33	Aa1	1
Exploitation de Ain El-Beïda		1	16	Cg8	1128
		2	16	Cg8	1128
		3	16	Cg8	1128
		4	16	Bg8	708
		5	16	Cg8	1128
Exploitation du Chott		1	38	Cg22	1142
		2	38	Cg22	1142
		3	38	Cg22	1142
		4	38	Cg22	1142
		5	38	Cg22	1142
Exploitation de Mékhadma		1	20	Ci34	1210
		2	20	Ci34	1210
		3	20	Ci34	1210
		4	20	Ci34	1210
		5	20	Ci34	1210

2.3. Discussion

Les profondeurs d'enracinement ne varient pas en fonction de l'âge des palmiers dattiers, mais elles dépendent de la nature des obstacles hydro-mécaniques et des accumulations en éléments grossiers, sels peu solubles et solubles dans les profils des sols.

Conformément à nos travaux de recherche, les zones hydro-édaphiques qui présentent des obstacles mécaniques moyennement profonds et superficiels, l'enracinement des palmiers dattiers de type Déglet Nour est limité dans sa profondeur et ne peut pas devenir profond, notamment en présence de nappes phréatiques superficielles. Pour cela, il est probable que les niveaux des obstacles hydro-mécaniques superficiels à moyennement profonds « e, f, h et i » dans la clé de classification des profils du groupe A ne peuvent pas assurer un enracinement profond pour les palmiers dattiers. Toutefois, en niveaux « b et c », où la nappe est profonde, l'enracinement peut devenir profond, si l'épaisseur des obstacles mécaniques est faible et les palmiers dattiers présentent une vigueur de croissance élevée.

Egalement, les zones hydro-édaphiques qui présentent des obstacles mécaniques superficiels, l'enracinement des palmiers dattiers est limité dans sa profondeur et ne peut pas devenir moyennement profond en présence d'obstacles mécaniques superficiels, sauf en présence de nappes phréatiques moyennement profondes. Chose observée dans l'exploitation de l'université de Ouargla, où on a remarqué que le niveau de la nappe phréatique dans cette palmeraie conditionne l'approfondissement racinaire des palmiers dattiers Déglet Nour. Pour cela, il est probable que les niveaux superficiels des obstacles hydro-mécaniques « i » dans la clé de classification des profils du groupe B ne peuvent pas assurer un enracinement moyennement profond pour les palmiers dattiers. Toutefois, en niveaux « c », où la nappe est profonde, l'enracinement peut devenir moyennement profond, si l'épaisseur des obstacles mécaniques superficiels est faible et les palmiers dattiers présentent une vigueur de croissance élevée.

Néanmoins, nous pouvons observer les profils d'enracinement superficiels au niveau des jeunes palmeraies ou pour les palmeraies âgées, limités par des obstacles hydro-mécaniques superficiels. Pour cela, nous pouvons avoir un enracinement superficiel dans tous les profils du groupes C et pour tous les niveaux des obstacles hydro-mécaniques.

Cette étude ne nous a pas permis de déterminer les différents types de profils d'enracinement. Mais, elle nous a donné la possibilité de constater la dominance des types des groupes B et C à cause des conditions hydro-édaphiques dégradées au fond de la cuvette de Ouargla, présentant des profils salés, avec des obstacles hydro-mécaniques superficiels à moyennement profonds. Dans le versant Est de la cuvette de Ouargla, à Hassi Ben Abdallah,

les sols sont profonds, moins dégradés et présentant des profils d'enracinement profonds.

3. Conclusion

Les approches de classifications proposées pour les paramètres racinaires et les profils d'enracinement sont basées sur nos résultats expérimentaux et les fondements théoriques de base.

Les échelles de classification des paramètres racinaires varient avec les types de profils d'accumulations et les niveaux des nappes phréatiques dans la cuvette de Ouargla. Ils sont de deux types. Le premier type sous forme d'échelles d'intervalles de mesures, obtenu au cours de nos études expérimentales, et le second type sous forme d'échelle de modèles variables avec les paramètres hydro-édaphiques, racinaire et l'âge de plantation des palmiers dattiers.

Les échelles d'intervalles montrent que les diamètres et les densités racinaires augmentent dans les profils, avec l'augmentation des formes d'accumulations gypso-calcaires et des éléments grossiers, et inversement pour les profondeurs racinaires qui diminuent avec l'augmentation des formes d'accumulations et de la résistance mécanique des profils. Les diamètres et les densités racinaires augmentent dans les formations moins compactes des profils, au-dessus des obstacles mécaniques compacts, de croûtes ou de certains encroûtements, riches en éléments grossiers. Les racines moyennes à grossières deviennent maigres, en traversant les formations compactes et les eaux phréatiques, et la densité et la profondeur racinaire diminuent à cause des stress mécaniques et hydro-halomorphes élevés, qui produisent des troubles de croissance et nutritionnels. L'augmentation de ces stress dans les profils provoque l'anoxie et augmente ainsi les besoins de respiration, et l'émission des racines aériennes au niveau des stipes des palmiers dattiers, en plus de l'accroissement naturel des racines aériennes avec l'âge de plantation.

Nos modèles d'estimation nous ont permis de constater qu'en nappes profondes, la densité racinaire devient équivalente dans les profils d'accumulations avec la diminution de leur compacité. La remontée des nappes phréatiques rompt cet équilibre et produit l'augmentation de la densité racinaire dans les profils de formes d'accumulations réduites, de faible cimentation et de forte porosité, et la diminution de la densité racinaire dans les profils plus cimentés et moins poreux, d'encroûtements et de croûtes. L'importance des accumulations gypso-calcaires et la faible porosité de ces dernières formations par rapport aux formes réduites, constituent autant de facteurs de stress, en plus de l'effet hydro-salin des eaux phréatiques, qui réduisent la nutrition et la croissance racinaire dans les profils. Toutefois, les effets des stress mécaniques et hydro-mécaniques deviennent équivalents avec

l'augmentation de la compacité dans les profils où la densité racinaire s'annule à un seuil de compacité maximum, de plus en plus élevé, quand on passe des profils de formes d'accumulations réduites vers ceux de formes d'encroûtements et de croûtes. Les palmiers dattiers développent ainsi une tolérance à la résistance mécanique des formes d'accumulations par l'augmentation de sa force de pénétration racinaire face à l'augmentation du stress mécanique, afin de satisfaire leurs besoins de croissance racinaire et de nutrition. Cette tolérance est accentuée par la remontée des eaux phréatiques dans les profils moins riches en gypse et en calcaire et plus poreux, de formes d'accumulations réduites et d'encroûtements, et diminue en profils de croûtes riches en gypse et en calcaire et moins poreux, qui accentuent l'anoxie et produit la réduction de la nutrition et la croissance racinaire.

Nos modèles d'estimation montrent également que l'enracinement des palmiers dattiers en zones de nappes superficielles présente un géotropisme positif avec le niveau des croûtes, de plus en plus élevé avec le rabattement des nappes. Ce comportement est dicté par les besoins de croissance, d'eau d'irrigation et les apports hydriques et nutritifs des nappes phréatiques. En nappes profondes, le géotropisme racinaire des palmiers dattiers est négatif avec le niveau des croûtes à cause de l'effet du stress mécanique de celles-ci et les réserves hydriques disponibles à la surface des sols par l'irrigation, favorables à la nutrition, incitant à un développement racinaire latéral et horizontal.

En l'absence de croûtes, l'enracinement des palmiers dattiers présente un géotropisme négatif avec le niveau des nappes, de plus en plus élevé avec la remontée des eaux. Les besoins de croissance obligent les palmiers dattiers à pénétrer les nappes phréatiques superficielles, plus profondément par rapport aux zones de croûtes, d'un écart qui augmente avec la remontée des eaux phréatiques. Mais, cette pénétration diminue avec le rabattement des nappes. L'enracinement fuit la zone saturée en eau, pour un développement racinaire probable dans le sens latéral et horizontal favorable à la nutrition, au détriment de la croissance verticale. Le géotropisme racinaire négatif constaté avec le niveau des nappes, n'est pas uniquement le résultat du stress hydrique par excès, mais également celui des stress hydro-salins et alcalins, augmentant avec la remontée des eaux phréatiques jusqu'à des seuils susceptibles de perturber la nutrition et de produire l'arrêt de croissance et le dépérissement des palmiers dattiers. En situation de croûtes gypseuses, l'enracinement présente un géotropisme positif avec le niveau des nappes superficielles, similaire à celui des croûtes. Cette tendance est dictée par les besoins de croissance, d'eau et de nutrition des palmiers dattiers.

Il est vraisemblable qu'avec l'avancement de l'âge des palmiers dattiers Déglet Nour, la croissance végétative et les besoins respiratoires augmentent, ce qui stimule l'émission des racines respiratoires aériennes. Le potentiel des sols en oxygène est un facteur abiotique indispensable, limitant le fonctionnement physiologique des palmiers dattiers. Il subit un déséquilibre en présence de contraintes hydro-édaphiques.

L'élévation du niveau des croûtes gypseuses et des nappes phréatiques augmente la hauteur des racines respiratoires aériennes, à cause de l'anoxie produite respectivement par l'augmentation du stress mécanique et hydrique par excès. Les effets du stress mécanique des croûtes augmentent avec la remontée des eaux. Le dessèchement, la salinité et la compaction des croûtes dans les sols de nappes profondes favorisent plus l'apparition précoce des racines aériennes et diminuent leur croissance à cause des troubles nutritionnels engendrés par ces paramètres de dégradation. L'accroissement de ces racines semble au contraire plus élevé dans les zones de croûtes-nappes superficielles qui présentent des conditions d'humidité ascendante et de compaction de croûtes, favorisant l'enracinement, la nutrition et retardant l'apparition des racines aériennes, tant qu'elles ne constituent pas un stress pour les palmiers dattiers. Au delà d'un seuil critique de tolérance aux stress hydro-salins et mécaniques, la croissance racinaire aérienne débute et s'accélère avec ces stress, dépassant celle de zones de croûtes-nappes profondes.

L'élévation de la salinité et de l'alcalinité des nappes superficielles stimule le développement des racines aériennes. Cet effet montre que l'anoxie due au stress hydrique par excès est aggravé par des stress salins-alcalins. La présence de croûtes dans les profils atténue les effets de ces stress salins à cause de la faible dynamique ascendante des sels alcalins dans les sols. Il apparaît que les effets des stress hydro-salins-alcalins des eaux phréatiques sur la hauteur des racines aériennes dépassent ceux qui sont associés au stress mécanique de croûtes.

La réduction de la profondeur racinaire des palmiers dattiers, en conditions de stress hydro-édaphiques, conduit à l'augmentation des hauteurs des racines aériennes. Il semble que le niveau de développement des racines souterraines augmente avec le rabattement des nappes phréatiques en présence de stress mécanique de croûtes, incitant les palmiers dattiers à développer l'enracinement aérien pour satisfaire leurs besoins en oxygène. L'émission des racines aériennes est stimulée davantage avec la remontée des nappes phréatiques, en l'absence de croûtes, et l'approfondissement racinaire est sévèrement limité par les stress hydro-salins.

Toutefois, l'absence de modèles d'enracinement pour toutes les situations de nappes, de croûtes et d'âges de palmeraies, rend difficile l'explication des effets de fluctuations des

nappes sur les diamètres, la densité et la profondeur racinaire, ainsi que la hauteur racinaire aérienne, et le rapport entre ces deux derniers paramètres. Vu le manque de travaux de recherche sur l'étude des paramètres racinaires du palmier dattier, nos travaux de recherches et les échelles obtenues peuvent contribuer à l'amélioration des études de l'enracinement et à leur classification en fonction des contraintes hydro-édaphiques dans les profils des sols.

Notre approche de classification des profils d'enracinement constitue un nouvel outil pour la hiérarchisation des contraintes hydro-édaphiques dans les écosystèmes oasiens, et d'apprécier leurs effets sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers. L'utilisation de cette clé de classification exprime clairement nos résultats. Elle montre l'existence de quatorze types de profils d'enracinements, répartis en groupes A, B et C, respectivement d'enracinements profonds, moyennement profonds et superficiels. Ces profils d'enracinements ne varient pas avec l'âge de plantation des palmiers dattiers, mais dépendent de la nature des obstacles hydro-mécaniques, des accumulations en éléments grossiers et des teneurs en sels peu solubles et solubles dans les profils des sols.

Nos profils identifiés ne représentent qu'une petite partie des types présentés dans toute la nomenclature de classification. Certains types restent difficiles à trouver dans l'environnement oasien à la lumière du comportement racinaire des palmiers dattiers. Toutefois, cette approche de classification ouvre des perspectives nouvelles à d'autres applications dans l'étude des interactions sol-nappe-palmier dattier ou plantes similaires, et dans les études d'aménagements des oasis sahariennes.



Conclusion générale

Conclusion générale

A la lumière des résultats de nos travaux de recherche et au terme de cette modeste contribution, les palmeraies de la cuvette de Ouargla semblent souffrir d'une dégradation de leur environnement hydro-édaphique, due à la salinité des eaux d'irrigation et des eaux phréatiques, tant au niveau des obstacles hydriques de nappes que mécaniques de sols, composés d'éléments grossiers et de formes d'accumulations en sels peu solubles, de types réduites, encroûtements et croûtes gypso-salins à gypso-calcaires-salins. La formation de ces accumulations est liée à la fluctuation des nappes phréatiques. Ces contraintes hydro-halomorphes et mécaniques varient dans la cuvette de Ouargla avec la situation topographique des palmeraies, la conduite culturale et la gestion de l'irrigation-drainage. Elles augmentent au fond de la cuvette et diminuent vers ses versants. La salinité des sols irrigués augmente avec la remontée des nappes phréatiques et les obstacles mécaniques de croûtes. La combinaison de ces deux derniers la réduit par rapport à l'effet séparé des eaux phréatiques.

Il devient évident que les palmiers dattiers Déklet Nour à Ouargla ont une tolérance variable aux contraintes hydro-édaphiques. Celles-ci semblent d'un côté protéger les palmeraies de la maladie du Bayoud par la salinité, et d'un autre côté représenter des facteurs de stress, susceptibles de produire des troubles physiologiques, aboutissant à la réduction de la croissance racinaire et du potentiel nutritif, exprimés par les niveaux de rendements en dattes. L'augmentation des stress hydro-salins et mécaniques dans les zones racinaires avec la remontée des nappes phréatiques et des croûtes engendre la diminution des rendements, notamment en présence uniquement de stress hydro-salin de nappes. La variabilité des rendements est conditionnée par celle des stress, l'âge de plantation et la conduite culturale, notamment la gestion de l'irrigation-drainage.

L'étude de l'évolution des rendements maximums montre que le seuil critique de tolérance à la salinité des sols dépasse le seuil théorique idéal, reflétant la limite maximum enregistrée dans la population échantillonnée avant laquelle les rendements restent optimums. Ces derniers expriment le meilleur potentiel nutritif du milieu, conditionné par l'âge de plantation, la nature du stress hydro-édaphique et la conduite culturale, particulièrement les amendements organiques et la gestion de l'irrigation-drainage. Toutefois, l'intensité de chute des rendements semble se justifier par rapport à la nature des stress et proche de nos modèles linéaires. Ces derniers montrent l'intensité de chutes des rendements relatifs, exprimant les effets des stress sur la baisse des rendements moyens en palmeraies adultes, à partir d'un seuil critique idéal de tolérance à la salinité, existant en bonnes conditions d'irrigation-drainage à

Conclusion générale

Ouargla. L'augmentation de tolérance des palmiers dattiers à la salinité est exprimée par la diminution de l'intensité de chutes des rendements relatifs. Elle devient de plus en plus importante en passant des zones de croûtes-nappes profondes vers celles de croûtes-nappes superficielles, de nappes superficielles et de nappes profondes.

La tolérance des palmiers dattiers Déglet Nour au stress salin des sols, des eaux d'irrigation, des eaux phréatiques superficielles, et à l'engorgement par ces derniers diminue en présence du stress mécanique de croûtes. Les effets du stress salin des sols dépassent ceux des eaux d'irrigation, en nappes profondes, à cause du stress hydro-salin, lié à un déficit probable d'irrigation. Les effets du stress salin des sols, des eaux d'irrigation et hydro-salin des nappes superficielles sont accentués par les apports ascendants de nappes en eau et en sels, et la réduction de la lixiviation des sels par le stress mécanique de croûtes. Ce dernier accentue également l'effet du stress hydro-salin des eaux phréatiques produites par la remontée des nappes. Toutefois, la tolérance des palmiers à l'élévation des croûtes dans les profils des sols de nappes superficielles dépasse celle de nappes profondes. Il semble que les apports ascendants des nappes en nutriments et en eau réduisent les effets du stress mécanique des croûtes. En revanche, le rabattement des nappes limite ces apports et les palmiers dattiers n'arrivent pas à satisfaire leurs besoins hydriques à cause de la gestion de l'irrigation, ce qui les soumet à un stress hydro-salin par déficit d'irrigation, aggravant l'effet du stress mécanique des croûtes. L'étude montre également que les palmiers dattiers seront soumis à un stress hydro-salin et mécanique important, aboutissant à l'arrêt de la production dattière, si au cours de la remontée des nappes et des croûtes, le niveau des eaux phréatiques s'élève au-dessus des croûtes.

Les modèles linéaires développés pour l'évaluation des rendements relatifs peuvent contribuer à estimer les niveaux des chutes des rendements dans les zones de nappes phréatiques profondes, superficielles, avec ou sans croûtes. Cette estimation reste approximative, mais constitue un outil important d'aide à la décision, aussi bien pour les agronomes, les biologistes que les aménagistes. Tout cela, dans le but de faire de la mise en valeur des zones phoenicoles de la cuvette de Ouargla et d'autres régions similaires, une des priorités essentielles pour un développement durable des oasis algériennes.

Les stress hydro-salins et mécaniques dans les profils modifient l'architecture racinaire, conduisant à son traumatisme en formes de déchirures d'écorces, de courbures sinusoïdaux, d'aplatissements, de rétrécissements, de pourritures, et finalement des détériorations racinaires complètes. Les racines mortes sont utilisées dans les obstacles hydro-mécaniques comme une gaine de transit pour les jeunes racines.

Conclusion générale

Les diamètres et les densités racinaires évoluent dans les profils de sols avec ceux des stress hydro-mécaniques avec un effet non significatif de l'âge de plantation des palmiers dattiers. Néanmoins, il semble que l'émission des racines fines diminue avec le vieillissement des palmiers dattiers. Les niveaux de distribution des diamètres et des densités racinaires sont rapprochés et continuent vers le fond des profils en formes d'accumulations réduites de nappes profondes. Toutefois, elles augmentent vers le haut des profils avec la remontée des nappes phréatiques et des accumulations compactes d'encroûtements et de croûtes.

Les racines moyennes et grossières grossissent, augmentant la densité racinaire, en couche médiane des profils de sols, avec la diminution du stress mécanique et l'augmentation modérée de l'humidité. Leurs diamètres et les densités augmentent au-dessus des formations compactes d'encroûtements et de croûtes, riches en éléments grossiers, et au-dessus des zones de saturation en eau phréatique. Les effets du stress hydro-salin de ces eaux contribuent à la réduction des diamètres et des densités racinaires dans les profils de nappes superficielles par rapport à ceux de nappes profondes. L'émission et la densité racinaire diminuent vers l'intérieur des formations compactes et des nappes ou les deux à la fois, jusqu'à l'arrêt total en conditions de stress hydro-salin et mécanique extrêmes.

Nos modèles d'estimation montrent que la densité racinaire devient équivalente dans tous les types de profils de nappes profondes avec la réduction de leur stress mécanique. Toutefois, il semble qu'à ce niveau de stress, les eaux phréatiques superficielles favorisent le développement racinaire dans les profils d'accumulations réduits et le freinent en présence d'encroûtements et de croûtes, plus riches en gypse et en calcaire et moins poreux. Ces facteurs de stress en plus de l'effet hydro-salin des eaux, réduit la nutrition et la croissance racinaire. L'augmentation des stress mécanique et hydro-mécanique dans tous les types de profils aboutit à l'arrêt de croissance racinaire des palmiers dattiers. Les palmiers dattiers développent une tolérance face à l'augmentation de ces stress par l'augmentation de leur force de pénétration racinaire avec l'augmentation des formes d'accumulations. Néanmoins, les formations de croûtes en nappes superficielles semblent diminuer le pouvoir de pénétration racinaire à cause de sa richesse en gypse et en calcaire et sa faible porosité, accentuant l'anoxie et produisant la réduction de la nutrition et la croissance racinaire.

La profondeur racinaire des palmiers dattiers dans les profils varie en fonction du degré des stress hydro-salins-alcalins des nappes et mécaniques des formations compactes d'encroûtements et de croûtes, riches en éléments grossiers. Face à l'augmentation de ces stress, par la remontée des nappes et des croûtes, l'enracinement devient superficiel et tend à se prolonger latéralement, tout en augmentant la concentration des sels dans les sols par son

Conclusion générale

pouvoir d'absorption élevé. Il semble que les croûtes réduisent l'effet du stress salin-alcalin des eaux phréatiques sur la profondeur racinaire.

Nos modèles d'estimation montrent que l'enracinement des palmiers dattiers présente un géotropisme négatif avec le niveau des croûtes en zones de nappes profondes à cause de l'effet du stress mécanique et des apports d'irrigation, incitant à un développement racinaire latéral et horizontal, au détriment de la croissance verticale. En zones de nappes superficielles, sans croûtes, le géotropisme devient négatif avec le niveau des nappes, de plus en plus élevé avec la remontée de celles-ci. Les besoins de croissance racinaire obligent l'enracinement à pénétrer profondément les eaux phréatiques, mais l'enracinement fuit progressivement les stress hydro-salins et alcalins des nappes vers le haut des profils, avec le rabattement de celles-ci. L'enracinement en profils de croûtes-nappes superficielles a un géotropisme positif avec le niveau des croûtes et des nappes, de plus en plus élevé avec le rabattement des nappes, afin de satisfaire ses besoins de croissance et en eau.

Les hauteurs des racines aériennes augmentent avec les besoins respiratoires au cours du vieillissement des palmiers dattiers et les déficits respiratoires souterrains en cas de dégradation du milieu hydro-édaphique. Leur croissance dans les stipes augmente avec la compacité des sols, le niveau des croûtes et des eaux phréatiques, et avec la salinité et l'alcalinité de ces derniers. Les effets du stress mécanique des sols sont prononcés chez les jeunes palmiers dattiers.

Il apparaît de nos modèles d'estimation que les croûtes atténuent les effets stressants de la salinité et de l'alcalinité des eaux phréatiques. Les effets du stress mécanique des croûtes augmentent avec la remontée des eaux. Les zones de croûtes avec des nappes profondes présentent des stress hydro-salins par déficience, favorisant l'apparition précoce des racines aériennes et diminuent en même temps leur croissance à cause des troubles nutritionnels engendrés. Cependant, dans les zones similaires avec des nappes superficielles, l'émission des racines aériennes est retardée par les apports hydro-minéraux de nappes, jusqu'à un seuil critique de tolérance aux stress. Au delà de ce seuil, la croissance racinaire aérienne s'accélère avec les stress, dépassant celle de zones de croûtes-nappes profondes. La diminution de la profondeur racinaire par les stress hydro-édaphiques, conduit à l'augmentation des hauteurs des racines aériennes. Il semble que le rabattement des nappes phréatiques en stress mécanique de croûtes augmente le niveau de développement des racines souterraines et aériennes. L'émission des racines aériennes est stimulée davantage avec la remontée des nappes phréatiques, en l'absence de croûtes, suite à la diminution sévère de la profondeur racinaire par les stress hydro-salins des eaux.

Conclusion générale

Nous n'avons pas pu établir des modèles d'enracinement pour toutes les situations de nappes, de croûtes et d'âges de palmeraies, ce qui rend difficile l'explication des effets de fluctuations des nappes sur les paramètres racinaires étudiés. Toutefois, les modèles développés par nos travaux de recherches et les échelles obtenues peuvent contribuer grandement à l'amélioration des études d'enracinement des palmiers dattiers Déglet Nour, et à leur classification en fonction des contraintes hydro-édaphiques dans les profils de sols.

Nous avons également proposé une classification pour les profils d'enracinement des palmiers dattiers ou plantes similaires, basée sur nos résultats expérimentaux et les fondements théoriques de base. Elle constitue un nouvel outil pour la hiérarchisation des niveaux racinaires par rapport aux contraintes hydro-édaphiques dans les écosystèmes oasiens. L'utilisation de cette clé de classification reste utile pour les études biologiques, agronomiques et d'aménagements. Elle nous a permis d'exprimer clairement les niveaux de stress dans la cuvette de Ouargla et leurs impacts sur l'enracinement des palmiers dattiers Déglet Nour. D'autres études s'avèrent nécessaires dans l'environnement oasien pour identifier tous les types de profils d'enracinement possibles par rapport à la nomenclature de classification établie.

Les solutions restent variées face aux problèmes de stress hydro-salins et mécaniques. Elles dépendent des objectifs des aménagements au niveau du milieu oasien où les modèles établis par nos recherches peuvent servir comme outil de traitement des données de terrain, de diagnostic spatio-temporel, et d'aide à la décision dans les aménagements futurs.

A l'échelle des nouveaux périmètres de mise en valeur, il semble primordial que leur choix soit basé sur des études topographiques, hydrogéologiques et pédologiques pour éviter ce genre de contraintes et les charges financières nécessaires résultant de mauvais choix. La mise en valeur des zones soumises à ces obstacles requiert la recherche de solutions techniques pour l'amélioration des performances des aménagements hydro-agricoles et la réalisation de travaux de défoncement des croûtes gypseuses et gypso-calcaires. Ces opérations restent coûteuses, mais assurent aux palmiers dattiers de bonnes conditions d'alimentation hydrique, de nutrition minérale et de croissance racinaire et végétative. Les systèmes d'irrigation-drainage adoptés doivent assurer une bonne lixiviation des sels et une évacuation des eaux excédentaires de la zone racinaire du palmier dattier.

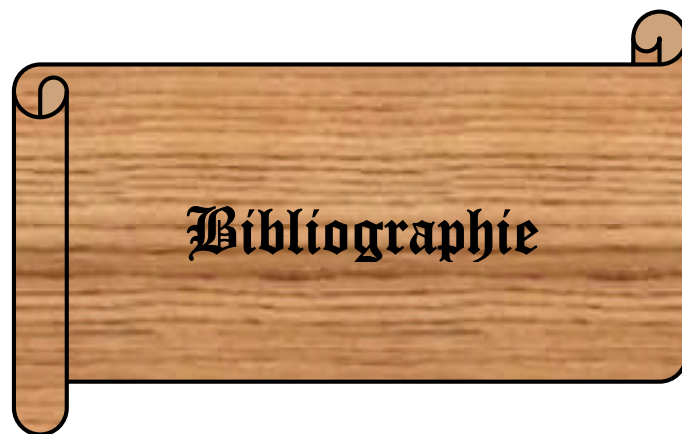
Dans les anciennes palmeraies, les aménagements deviennent difficiles et nécessitent une politique à long terme. Il est conseillé à priori d'assurer un contrôle d'irrigation-drainage en prenant en compte les niveaux de croûtes, de nappes phréatiques et d'enracinement dans l'estimation des besoins en eau des palmiers dattiers, des autres cultures et dans le choix du

Conclusion générale

système d'irrigation. Deuxièmement, il s'agit d'effectuer un rajeunissement progressif des palmeraies, tout en réalisant un défoncement des croûtes avant la plantation et une bonne gestion de l'opération irrigation-drainage.

Au niveau régional, il y a un projet de traitement et d'évacuation des eaux d'assainissement et de drainage de la cuvette de Ouargla vers sebkhat Safioune, visant à assurer un développement agronomique, urbain et socio-économique. Toutefois, il est recommandé également dans le cadre de ce projet de planter des hydro-halophytes, grandes consommatrices d'eau et accumulatrices de sels pour favoriser le rabattement des nappes et la désalinisation des sols. Ces aménagements de l'écosystème oasien de Ouargla doivent être rationnels, permettant de maintenir un équilibre écologique floristique et faunistique au niveau de l'oasis.

Les approches de solutions restent valables pour certaines régions du Sahara septentrional algérien, le nord du continent africain, le moyen orient et des écosystèmes à l'échelle mondiale, présentant la même problématique. Le bon fonctionnement des milieux sahariens est primordial pour le développement durable des oasis. Il permet d'éviter l'exode rural, la désertification et d'assurer une activité agricole productive, notamment phoenicicole, autour de laquelle se greffe un patrimoine culturel et socio-économique ancestral. Les rentes de la production agricole et de l'industrie alimentaire constituent une source financière durable au niveau des oasis par rapport aux autres secteurs pétroliers et industriels. En cas de dégradation de l'environnement saharien, suite à une politique d'aménagement erronée, les conséquences seront catastrophiques sur les palmeraies et le devenir des populations locales reste incertain.



Bibliographie

Bibliographie

A

ABAKOUMOV I. A., 1965 - Influence des combinaisons d'engrais sur la croissance des jeunes palmiers. Rapport annuel sur l'activité de la mission soviétique de la station expérimentale de Sidi Mahdi (Touggourt). In KREIDIK B.M., Rapport annuel sur l'activité de la mission soviétique, I.N.R.A.A., Sidi Mahdi : 24-27.

ABAKOUMOV I. A., VAXMAN E.G., 1965 - La résistance des jeunes dattiers au sel. Rapport annuel sur l'activité de la mission Soviétique de la station expérimentale de Sidi Mahdi (Touggourt). In KREIDIK B.M., Rapport annuel sur l'activité de la mission soviétique, I.N.R.A.A., Sidi Mahdi : 30-39.

ABDALLA K.M., GAAFER S.I., KHALIFA A.S., EL-HAMMADY A.M., 1989 - Influence of fertilization with potash on "Hayany" date grown on sandy soil. The symposium of multiplication and maintenance of date palms in Arabian Nation (5-10 september 1988, El-Ain, U.A.E.). Arabian Organization of Agricultural Development, Khartoum : 186-193.

ABDUL-BAKI A., ASLAN S., BEARDSLEY E., COBB S., SHANNON M., 1998 - Soil, water and nutritional management of date orchards in Coachella Valley and Bard. Summary, www.nal.usda.gov/ttic/tektran/data/000009/77/0000097714.html, 1 p.

ABED K., 1982 - Etude des rythmes de croissance de *Pinus halepensis* Mille et de la morphogenèse de son système racinaire sous serre et en condition naturelle dans la région d'Alger. Thèse Ing. Agro., I.N.A., Alger, 54 p.

AGASSI M., SHAINBERG I., MORIN J., 1981 - Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. Soil Sci. Soc. Am. J., 45 : 848-851.

A.G.E.P., 2001 - Vallée de Ouargla. Etude d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Rapport de mission de reconnaissance et diagnostic de l'assainissement. Agence nationale de l'eau potable, industrielle et de l'assainissement, Alger, 156 p.

AHMED F.H., EL-GAHTANY M.S., WALY Y.A., 1979 - Culture des palmiers et production des dattes dans les deux mondes arabes et musulmans. Impr. Univ. Aïn Chamse, Aïn Chamse, 200 p. (en arabe)

AHMED-ALI F.H., 2001 - Les besoins en eau et en fertilisants pour le palmier dattier. Journées agricoles sur les techniques de production du palmier dattier (6-10 avril, Assouan). Réseau de recherche et développement du palmier dattier, Damas, Conférence scientifique 1 : 13 p. (en arabe)

AKSOY A., OZTURK M., 1996 - *Phoenix dactylifera* L. as a biomonitor of heavy metal pollution in Turkey. J. Trace Microprobe Techniques, 14 : 605-614.

ALBERT D.W., 1925 - Effects of soil fertilization on the date palm. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 2 : 4-6.

AL-KAHTANI M.S., HUSSAIN G., EL-DAIRI N., AL-GHAMDI A.S., 1989 - Leaf mineral

Bibliographie

composition of date palm cultivars (*Phoenix dactylifera* L.) in relation to growth. The second symposium on the date palm in Saudi Arabia (3-6 march 1986, Al-Hassa). Mars Publishing House, Vol. 1, Riyadh : 217-224.

ALONSO-ZARZA A. M., SILVA P. G., GOY J. L., ZAZO C., 1989 - Fan-surface dynamics and biogenic calcrete development: Interactions during ultimate phases of fan evolution in the semiarid SE Spain Murcia. *Geomorphology*, 24 : 147-167.

AL-SHAYEB S.M., AL-RAJHI M.A., SEAWARD M.R.D., 1995 - The date palm (*Phoenix dactylifera* L.) as a biomonitor of lead and other elements in arid environments. *Sci. Total Env.*, 168 : 1-10.

AL-SHAYEB S.M., SEAWARD M.R.D., 2000 - Sampling standardization of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) leaflets as a biomonitor of metal pollutants in arid environments. *Asian J. Chemistry*, 12 : 977-989.

AL-TAHIR O.A., AL-MULLA A.A., AL-KHATEEB S.A., AL-ABDULSALAM M.A., BURHAN H.O., 1996 - The status of nutrient elements in the tissues of date palm leaves in Al-Hassa area. The third symposium on the date palm in Saudi Arabia (17-20 january 1993, Al-Hassa). Mars Publishing House, Vol. 1, Riyadh : 535-541.

AMIN R.M., 1990 - Recherche sur le palmier dattier. *Cent. Natio. Agro.*, Tome II, Alger, 261 p. (en arabe)

AMIR H., RIBA O., AMIR A. et BOUNAGA N., 1989 - Influence de la salinité des sols de palmeraies sur les *Fusarium*. I. Relation entre la densité des populations de *Fusarium* et la conductivité des sols. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*, 26 : 391-406.

AMIR H. et RIBA O., 1990 - Influence de la salinité des sols de palmeraies sur les *Fusarium*. II. Action des sels de sebkha sur l'évolution dans le sol de 2 souches de *F. oxysporum* pathogènes. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*, 27 : 147-158.

AMIR H., AMIR A. et RIBA A., 1996 - Rôle de la microflore dans la résistance à la fusariose vasculaire induit par la salinité dans un sol de palmeraie. *Soil Biol. Biochem.*, 28 (1) : 113-122.

A.N.R.H., 1994 - Ressources et qualité chimique des eaux dans la cuvette de Ouargla. Rapport Agence Nationale Ressources Hydrauliques, Ouargla, 15 p.

A.N.R.H., 2000 - Note relative à la remontée des eaux dans la cuvette de Ouargla. Rapport Agence Nationale Ressources Hydrauliques, Ouargla, 8 p.

A.N.R.H., 2001 - Synthèse sur les ressources des eaux de la wilaya de Ouargla. Rapport Agence Nationale Ressources Hydrauliques, Ouargla, 16 p.

A.N.R.H., 2003 - Etude Hydrogéologique de la cuvette de Ouargla (Vallée de Ouargla). Rapport Bornard et Gardel, Agence Nationale Ressources Hydrauliques, Ouargla, 200 p.

A.N.R.H., 2004 - Synthèse sur les ressources des eaux de la wilaya de Ouargla. Rapport Agence Nationale Ressources Hydrauliques, Ouargla, 16 p.

Bibliographie

A.N.R.H., 2005 - Extrait de l'image satellitaire de la cuvette de Ouargla. Travaux de prospection environnementaux de l'agence nationale des ressources hydriques, Ouargla.

ARAGUES R., 1983 - The quality and availability of water used in irrigation systems. Proc. 17 th coll. Int. Potash Institued Bern, CRIDA, Zaragoza : 315-323.

ARMSTRONG W.W., FURR J.R., 1959 - Root distribution of "Khadrawy" date palms in relation to frequency of irrigation. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 36 : 13-15.

ARMSTRONG W.W., 1960 - Conditions affecting salt accumulation in Coachella Valley date gardens. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 37 : 18-22.

ARSHAD M.A., LOWERY B., GROSSMAN B., 1996 - Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN J.W. and JONES A.J. Methods for assessing soil quality. Soil Sci. Soc. Am. Spec., 49 : 123-142.

ASHMAWI H., AREF H., HUSSEIN A.A., 1956 - Compositional changes un Zagloul dates throughout the different stage of maturity. J. Sci. Food Agr., 7 : 625-628.

ATTALLA A.M., ATTIA M.M., HODA S.A., 1999 - Effect of some NPK fertilizer on "Zaghloul" date palm cultivar yield and fruit characteristics. The International Conference on Date Palm (9-11 november 1999), Assiut University, Assiut : 223-235.

AUBERT G., 1975 - Les sols sodiques en Afrique du Nord. Ann. I.N.A., Alger, 6 (1) : 185-195.

AUBERT G., 1978 - Méthodes d'analyses des sols. Cent. Nat. Doc. Pédag., Marseille, 191 p.

AUBERT G., 1983 - Observations sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols salés ou salsodiques. Cah. O.R.S.T.O.M. Sér. Pédol., 20 (1) : 73-78.

AYERS R.S. et WESTCOT D.W., 1976 - La qualité de l'eau en agriculture. Bull. F.A.O. Irrig. Drain., Rome, 29, 97 p.

AYERS R.S., 1977 - Quality of water for irrigation. J. Irrig. Drainage Div. (ASCE), 103 : 135-154.

AYERS R.S., WESTCOT D.W., 1988 - La qualité de l'eau en agriculture. Bull. F.A.O. Irrig. Drain., 29, Rome, 180 p.

B

BABAHANI S., 1998 - Contribution à l'amélioration de quelques aspects de la conduite du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). Thèse Magister, I.N.A., Alger, 173 p.

BACHA M.A., ABO-HASSAN A.A., 1983 - Effects of soil fertilization on yield, fruit quality and mineral content of "Khudari" date palm variety. The first symposium on the date palm in Saudi Arabia (23-25 march 1982, Al-Hassa). King Faisal Univ., Al-Hassa : 174-180.

BACHA M.A., EL-SHAMY H.A., NASR T.A., 1996 - Seasonal changes of macro-nutrients

Bibliographie

in the foliage date palm. The third symposium on the date palm in Saudi Arabia (17-20 january 1993, Al-Hassa). Mars Publishing House, Vol. 1, Riyadh : 265-272.

BACHA M.A., NASR T.A., SHAHEEN M.A., 1989 - Mineral leaf content of some male and female date palms. The second symposium on the date palm in Saudi Arabia (3-6 march 1986, Al-Hassa). Mars Publishing House, Vol. 1, Riyadh : 347-352.

BADR M., 1995 - Palms and Palm-Likes. Monshaat-Al-Maarif, Alexandria, 330 p.

BAEYENS J., 1967 - Nutrition des plantes de culture. Nauwelaerts, Louvain, 678 p.

BAHRI A., 1987 - Utilisation des eaux et des sols salins en Tunisie. Résultats et perspectives de recherche. Fertilisants & Agri., 96 : 17-35.

BAIZE D., 1988 - Guide des analyses courantes en pédologie. I.N.R.A., Paris, 172 p.

BAIZE D., JABIOL B., 1995 - Guide pour la description des sols. I.N.R.A., Paris, 375 p.

BARRY J.P., FAUREL L., BAUMGARTNER N., BELIN B., CELLES J.C., KADA A., 1968 - Carte de la végétation de l'Algérie, feuille de Ghardaïa à 1 / 500 000. Inst. Cart. Univ. Alger.

BARRY J.P., FAUREL L., BAUMGARTNER N., BELIN B., CELLES J.C. et KADA A., 1973 - Carte de la végétation de l'Algérie, Notice de feuille de Ghardaïa à 1 / 500 000. Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. N., 11, 125 p.

BARZANJI A.F. 1973 - Gypsiferous soils of Iraq. Ph.D. Thesis, University of Ghent, Belgium. 199 p.

BEAL J.M., 1937 - Cytological studies in genus *Phoenix*. Bot. Gaz., 99 : 400-407.

BELHADJ M., CHIANG C., FRANFART R., LOUDELOUT H., 1975 - Modèles mathématiques pour la description de la salure et de l'alcalisation des sols du Sud Marocain. Ann. I.N.A., Alger, 6 (1) : 247-258.

BENAMAR A., 1991 - Contribution à l'étude des conditions d'utilisation du phosphogypse dans la mise en valeur des sols des plaines du Bas-Chelif. Thèse Magister, I.N.A., Alger, 139 p.

BEN-GAL A., SHANI U., 2002 - Yield, transpiration and growth of tomatoes under combined excess boron and salinity stress. Plant Soil, 247 : 211-221.

BERNSTEIN L., FRANCOIS L.E., CLARK R.A., 1974 - Interactive effects of salinity and fertility on yields of grains and vegetables. Agron. J., 66 : 412-421.

BERNSTEIN L., FRANCOIS L.E., CLARK R.A., 1974 - Interactive effects of salinity and fertility on yields of grains and vegetables. Agron. J., 66 : 412-421.

BERTRAND R., KEITA B., N'DIAYE M.K., 1993 - La dégradation des sols des périmètres irrigués des grandes vallées sub-sahariennes (cas de l'office du Niger au Mali). Cah. Agr., 2 : 318-329.

Bibliographie

BLISS D.E., MATHEZ F., 1946 - The arkell date garden fertilizer experiment. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 23 : 25-33.

BOUGHEDIRI L., 1994 – Le pollen du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L*). Approche multidisciplinaire et modélisation des différents paramètres en vue de créer une banque de pollen. Thèse Doct., Université de Paris, Paris, 158 p.

BOUGUEDOURA N., 1979 - Contribution à la connaissance du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L*). Etude des productions axillaires. Thèse Doct. 3^{ème} cycle, U.S.T.H.B., Alger, 64 p.

BOUGUEDOURA N., 1983 - Development and distribution of axillary buds in *Phoenix dactylifera L*. The first symposium on the date palm in Saudi Arabia (23-25 march 1982, Al-Hassa). King Faisal Univ., Al-Hassa : 40-44

BOUGUEDOURA N., 1991 - Connaissance de la morphogenèse du palmier dattier (*Phoenix dactylifera L*) Etude in situ et in vitro du développement morphogénétique des appareils végétatif et reproducteur. Thèse Doct. Etat, U.S.T.H.B., Alger, 201 p.

BOULAIN J., 1957 - Les sols des plaines du Cheliff. Thèse Doct. Etat, Université d'Alger, 357 p.

BRIERE P.R., 2000 - Playa, Playa lake, sabkha: proposed definitions for old term. J. Arid Env., 45 : 1-7.

BROSCHAT T.K., 1997 - Mineral nutrition of palms in California. Rincon gardens, Ventura, 12 p.

BROWN J.C., 1961 - Iron chlorosis in plants. Adv. in Agro., 13 : 329-369.

C

CALLOT G., CHAMAYOU H., MAERTENS C., SALSAC L., 1982 - Les interactions sol-racine : incidence sur la nutrition minérale. I.N.R.A., Paris, 325 p.

CARPENTER J.B., 1981 - Improvement of traditional date culture. Date Palm J., 1(1) : 1-16.

CASANOVA D., GOUDRIAAN J., BOUMA J., EPEMA G.F., 1999 - Yield gap analysis in relation to soil properties in direct-seeded flooded rice. Geoderma, 91(3-4) : 191-216.

CHAHMA A., 2006 - Catalogue des plantes spontanées du septentrional algérien. Laboratoire Protection Ecosystème Zone Aride Semi-Aride, Ouargla, 140 p.

CHERBUY B., 1991 - Les sols salés et leur réhabilitation. Cemagref, Rennes, 124 p.

CHEVALIER A., 1952 - Recherches sur les Phoenix africaines. Rev. Int. Bot. Appl. Agr. Trop., 32 : 205-233.

CHEVALIER G., GUEUDIN A., SCHLAICH M., 1935 - Fertilisation des palmeraies de l'Oued Rhir. Compte-rendu général des journées du Dattier (13-17 nov. 1933, Biskra-

Bibliographie

Touggourt). OFALAC, Alger : 135-139.

CHEVERRY C., 1972 - Exemple d'application des travaux de l'U.S. Salinity Laboratory (1963-1968) sur l'alcalinisation des sols soumis à l'action d'eaux bicarbonatées. Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Pédol., 10 (2) : 193-203.

COOK C.E., 1925 - Fertilization of date palms. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 2 : 1-7.

COOKE R.U., WARREN A., GOUDIE S.A., 1993 - Desert geomorphology. UCL, London, 526 p.

CORNET A. et GOUSCOV N., 1952 - Les eaux du Crétacé inférieur continental dans le Sahara algérien. (Nappe dite "Albien"). In: "La géologie et les problèmes de l'eau en Algérie". XIX Congrès Géol. Intern., Alger : 144-171.

CORNET A. 1964 - Introduction à l'hydrogéologie saharienne. Géog. Phys. et Géol. Dyn., vol. VI, fasc. 1 : 5-72.

CÔTE M., 1998 - Des oasis malades de trop d'eau? Sécheresse, 9 (2) : 123 - 130.

COUDE-GAUSSSEN G. 1991 - Les poussières sahariennes, cycle sédimentaire et place dans les environnements et paléoenvironnements désertique. John Libby, Paris, 485 p.

CRUESS W.V., 1940 - Dates and date products in Egypt and California. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 17 : 20-27.

D

DADDI BOUHOUN M., 1989 - Etude de l'impact de quelques propriétés physique de différente sols sur le développement racinaire de l'orge (*Hordeum vulgare*). Thèse Ing. Agro., I.N.A., Alger, 58 p. (en arabe)

DADDI BOUHOUN M., 1997 - Contribution à l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région saharienne : Cas du M'Zab. Thèse Magister, I.N.A., Alger, 180 p.

DADDI BOUHOUN M., BRINIS L., 2006 - Etude de la dynamique des sels solubles dans un sol irrigue gypso-salin : cas d'une palmeraie de la cuvette de Ouargla. J. Alg. Rég. Arides, Numéro spécial : 17-20.

DAGNELIE P., 1975 - Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques. Vol. 2, 2^{ème} Ed. Les Presses Agronomiques, Gembloux, 463 p.

DAOUD D.H., 1997 - Synthèse des travaux de recherches sur le palmier dattier et les résultats obtenus dans la république du Soudan. Le symposium scientifique sur les recherches dattière en cours dans les pays membres du réseau de recherche et de développement du palmier dattier (25-26 février 1997, Tozeur). Réseau de recherche et développement du palmier dattier, Damas, Séance régional 3 : 29 p. (en arabe)

DAOUD Y., 1981 - Contribution à l'étude de la dynamique de l'eau et des sels dans un sol irrigué du périmètre du Haut-Cheliff. Thèse Magister, I.N.A., Alger, 123 p.

Bibliographie

DAOUD Y., 1983 - Contribution à l'étude de la dynamique des sels dans un sol irrigué du périmètre du Haut-Cheliff (Algérie). Thèse Doct. Ing., E.N.S.A., Rennes, 193 p.

DAOUD Y., ROBERT M., 1989 - Influence de la nature de l'anion, et du pH sur la conductivité hydraulique et la rétention en eau des pâtes de Kaolinite sodique. *Agronomie*, 9 : 629-633.

DAOUD Y., 1993 - Contribution à l'étude des sols des plaines du Cheliff. Le phénomène de salinisation, conséquences sur les propriétés physiques des sols argileux. Thèse Doct. Etat, I.N.A., Alger, 277 p.

DAOUD Y., CHEVERRY C., ROBERT M., 1993 - Rôle physico-chimique du magnésium dans les sols salés des plaines du Cheliff (Algérie). *Sci. Sol*, 31(4) : 281-293.

DAOUD Y., HALITIM A., 1994 - Irrigation et salinisation au Sahara Algérien. *Sécheresse*, 5 (3) : 151-160.

DARAB K., 1965 - The chemical and physico-chemical effects of sodium carbonate in soils. *Agrokèmia ès Talajtan*, 14 : 175-181.

DEKKICHE B., 1974 - Contribution à l'étude des sols du Hodna et corrélation géochimique des eaux de la nappe. Thèse Doct. ès. Sci., Université de l'état à Gand, Gand, 211 p.

DELEUZE J., 1995 - Palmiers pour le climat méditerranéen. Champflour, Paris, 144 p.

DEMASON D.A., STOLTE K.W., TISSERAT B., 1983 - Floral development in *Phoenix dactylifera* L. The first symposium on the date palm in Saudi Arabia (23-25 march 1982, Al-Hassa). King Faisal Univ., Al-Hassa : 46-59

DERDOUR H., 1981 - Contribution à l'étude de l'influence du taux de sodium échangeable sur le comportement des sols au compactage. Thèse Magister, I.N.A., Alger, 146 p.

DESOKY I.M., EL-HAMMADY A., 1998 - Yield and fruit quality of "Seewy" date palms as affected by potash fertilization. The scientific symposium of date palm recherche (16-18 February, Marakach). Development and Recherche of Date palms Network, Damas : 106-115.

DEVITT D., JARRELL W.M., STEVENS K.L., 1981 - Sodium-potassium ratios in soil solution and plant response under saline conditions. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45 : 80-86.

DJERBI M., 1994 - Précis de phéniciculture. F.A.O., Rome, 192 p.

DOWSON V.H.W., 1926 - Date of Mesopotamia. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 3 : 9-10.

DOWSON V.H.W., ATEN A., 1963 - Composition et maturation. Récolte et conditionnement des dattes. *Cah. F.A.O.*, 72, Rome, 392 p.

D.P.A.T., 2001 - Annuaire statistique 2000 de la wilaya de Ouargla. Rapport Direction Planification Aménagement Territoire, Ouargla, 106 p.

DRUMMOND B., 1919 - Propagation et culture du palmier dattier. *U.S.D.A. Farmers' Bull.*,

Bibliographie

1016 : 1-22.

D.S.A.O., 2001 - Enquête sur les potentialités hydro-agricoles de la commune de Ouargla. Rapport Direction des Services Agricoles de Ouargla, 6 p.

DUBIEF J., 1953 - Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Service des études scientifiques, Alger, 457 p.

DUBIEF J., 1959 - Le climat du Sahara. Mém. Inst. Rech. Saha., Alger, Tome I, 298 p.

DUBIEF J., 1963 - Le climat du Sahara. Mém. Inst. Rech. Saha., Alger, Tome II, 262 p.

DUBOST G., DUBOST D., 1983 - Méthode pratique pour le calcul de l'évapotranspiration au Sahara Algérien. Bull. Agron. Sahar., 5 : 111-142.

DUBOST D., HADDAD D., KAFI A., MAANE H., 1983 - Rapport préliminaire sur les essais d'irrigation localisée du palmier dattier à la station expérimentale de Sidi Mahdi (Touggourt). Bull. Agr. Saha., 5 : 26-60.

DUBOST D., 1991 - Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes. Thèse Doct., Université François Rabelais, Tours, 544 p.

DUBOST D. 1992 - Aridité, agriculture et développement: cas des oasis algérienne. Sècheresse, 3 : 85-96.

DURAND J.H., 1958 - Les sols irrigables. Etude pédologique. Impr. Imbert, Alger, 191 p.

DURAND J.H., 1959 - Les sols rouges et les croûtes en Algérie. Dir. Hydraul. Equip. rural., Alger, 188 p.

DURAND J.H., 1983 - Les sols irrigables. Etude pédologique. Impr. Boudin, Paris, 339 p.

DUTIL P., 1971 - Contribution à l'étude des sols et des paléosols du Sahara. Thèse Doct. ès Sci. Naturelles, Univ. Strasbourg, Strasbourg, 346 p.

E

EATON F.M., 1937 - Significance of salt in Coachella Valley agriculture. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 14 : 11-13.

EDMONDS W.J., THOMAS P.J., SIMPSON T.W., BAKER J.C., 1998 - Land judging and soil evaluation. Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, 26 p.

EL-HAMMADY A., DESOKY I.M., 1998 - Effect of nitrogen fertilizer on growth, yield and fruit quality of "Seewy" cultivar. The scientific symposium of date palm recherche (16-18 February, Marakach). Development and Recherche of Date palms Network, Damas : 96-105.

EL-HAMOUDY A.H., 2001 - Culture du palmier aux Emirats Arabes Unis. Journées agricoles sur les techniques de production du palmier dattier (6-10 avril, Assouan). Réseau de recherche et développement du palmier dattier, Damas, Séance régional 1 : 12 p. (en arabe)

Bibliographie

EL-MARDI M.O., SALAMA S.B., CONSOLACION E., AL-SHABIBI M.S., 1995 - Effect of treated sewage water on vegetative and reproductive growth of date palm. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 26 : 1895-1904.

EL-MARDI M.O., SALAMA S.B., CONSOLACION E., AL-SOLOMI M., 1998 - Effect of treated sewage water on the concentration of certain nutrient elements in date palm leaves and fruits. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 29 : 763-776.

EL-RAGBANI S., 1995 - Date palms in United Arabs Emirates. *Arabian Organization of Agricultural Development*, Khartoum, 131 p. (en arabe)

EL-SHURAFI M.Y., 1984 - Studies on the amount of minerals annually lost by way of fruit harvest and leaf pruning of date palm tree. *Date Palm Journal*, 3 (1) : 277-290.

EL-SWAIFY S.A., 1973 - Structural changes in Tropical soils due to anions in irrigation water. *Soil Sci.*, 115 (1) : 64 -72.

EMBLETON T.W., COOK J. A., 1947 - The fertilizer value of date leaf and fruit stalk prunings. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 24 : 18-19.

ESTEBAN M., KLAPPA C.F., 1983 - Subaerial exposure environments. In: Scholle, P.A., Bebout, D.G., Moore, C.H. (Eds.), *Carbonate Depositional Environments*. Amer. Assoc. Petrol Geol. Memoir 33 : 1-96.

F

F.A.O., 1990 - Management of gypsiferous soils. *FAO soils bulletin*, Vol. 62, 81 p.

FEIGIN A., 1985 - Fertilization management of crops irrigated with saline water. *Plant and soil*, 89 : 285-299.

FONTENEY U., FONTENEY V.J., 1960 - Date growing in Australia. *J. Austr. Inst. Agr. Sci.*, 26 : 246-257.

FURR J.R., 1975 - Water and salinity problems of Abadan Island date gardens. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 52 : 14-17.

FURR J.R., ARMSTRONG W.W., 1955 - Growth and yield of Khadrawy date palms irrigated at different intervals for two years. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 32 : 3-7.

FURR J.R., ARMSTRONG W.W., 1957 - Nitrogen fertilisation of dates. A review and progress report. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 34 : 6-9.

FURR J.R., ARMSTRONG W.W., 1958 - The influence of heavy irrigation and fertilization on growth, yield and fruit quality of "Deglet-Noor" dates. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 35 : 22-24.

FURR J.R., ARMSTRONG W.W., 1959 - The relation of growth, yield and fruit quality of "Deglet-Noor" dates to variations in water and nitrogen supply and to salt accumulation in the soil. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 36 : 16-18.

Bibliographie

- FURR J.R., ARMSTRONG W.W., 1960 - Effects of source of nitrogen and rate of application on young non-bearing "Medjool" date palms. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 37 : 15-17.
- FURR J.R., ARMSTRONG W.W., 1962 - A test of mature "Halawy" and "Medjool" date palms for salt tolerance. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 39 : 11-13.
- FURR J.R., BARBER H.D., 1950 - The nitrogen content of some date garden soils in relation to soil management practices. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 27 : 26-30.
- FURR J.R., BROWN T.R., 1963 - Comparative yields of "Deglet-Noor" date palms fertilized with manure or ammonium nitrate. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 40 : 2-3.
- FURR J.R., COOK J.A., 1952 - Nitrogen content of pinnae, fruit, and seed of "Deglet-Noor" and "Khadrawy" date palms as related to nitrogen fertilization. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 29 : 13-14.
- FURR J.R., CURRLIN E.C., ARMSTRONG W.W., 1952 - Effects of water shortage during ripening and of nitrogen fertilization on yield and quality of "Khadrawy" dates. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 29 : 10-12.
- FURR J.R., CURRLIN E.C., HILGEMAN R.H., REUTHER W., 1951 - An irrigation and fertilization experiment with "Deglet-Noor" date. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 28 : 17-20.
- FURR J.R., REAM C.L., 1967 - Growth and salt uptake of date seedlings in relation to salinity of the irrigation water. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 44 : 2-4.
- FURR J.R., REAM C.L., BALLAR A.L., 1966 - Growth of young date palms in relation to soil salinity and chloride content of the pinnae. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 43 : 4-8.

G

- GASIM A.A., EL-HASSAN G.M., KHATEEB A.A., 1989 - Mineral composition of leaves of four date palm cultivars in relation to tree age. The second symposium on the date palm in Saudi Arabia (3-6 march 1986, Al-Hassa). Mars Publishing House, Vol. 1, Riyadh : 377-384.
- GAUCHER G., BURDIN S., 1974 - Géologie, Géomorphologie et Hydrologie des terrains salés. P.U.F., Paris, 231 p.
- GAUSSEN H., 1955 - Expression des milieux par les formules écologiques. Leur représentation cartographique. Ann. Biol., 31 : 257-269.
- GAUTIER L.-C., 1935 - L'anarchie hydraulique dans le territoire de Touggourt. Comptendu général des journées du Dattier (13-17 nov. 1933, Biskra-Touggourt). OFALAC, Alger : 25-46.
- GEHGAH M., EL-HAMMADY A., EL-AAMER M., FAIED M., 1996 - Effect of nitrogen and potassium fertilization on growth and productivity of Khlas. The third symposium on the date palm in Saudi Arabia (17-20 junury 1993, Al-Hassa). Mars Publishing House, Vol. 1, Riyadh : 318-332.

Bibliographie

GIRARD M., 1961 - Actualités dans le domaine de la recherche en phoeniciculture. Les Journées du Dattier (3-4 mai 1961, Aurès). Direction Départementale des Services Agricoles, Aurès : 61-78.

GOLDBERG S., SUAREZ D.L., GLAUBIG R.A., 1988 - Factors affecting clay dispersion and aggregate stability of arid zone soils. *Soil Sci.*, 146 (5) : 317-325.

GOUNY P., 1973 - Observations sur le comportement du végétal en présence d'ion chlore. *Revue de Potasse*, section 3, 5 : 1-13.

GROS A., 1979 - Engrais. Guide pratique de la fertilisation. 7^{ème} Ed. Maison Rustique, Paris, 382 p.

GUENDOOUZ A., REGHIS Z., MOULLA A.S., 1992 - Etude hydrochimique et isotopique des eaux souterraines de la cuvette de Ouargla. Rapport N° 1, 65 p.

GUEUDIN A., 1932 - Exploitation rationnelle d'une palmeraie en rapport. Congrès du Dattier (5-6 novembre 1931, Biskra). Imp. Imbert, Alger, Section B, n°15 : 11 p.

H

HAAS A.R.C., 1944 - Boron in the palms and soil of date gardens in the Coachella Valley of Southern California. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 44 : 34-42.

HALITIM A., ROBERT M., TESSIER D., PROST R., 1984 - Influence des cations échangeables (Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++}) et de la concentration saline sur le comportement physique (rétention en eau, conductivité hydraulique) de la montmorillonite. *Agronomie*, 4 (5) : 452-459.

HALITIM A., 1985 - Contribution à l'étude des sols des zones aride (hautes plaines steppiques d'Algérie). Morphologie, distribution, et rôle des sels dans la genèse et le comportement des sols. Thèse Doct. Etat, Université de Rennes, Rennes, 383 p.

HALITIM A., 1988 - Sols des régions arides d'Algérie. O.P.U., Alger, 384 p.

HALSEY D.D., STONE B. E., 1969. Census of male and female date palms in Coachella Valley. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 46 : 1-3.

HAMDI-AÏSSA B., 2001 - Le fonctionnement actuel et passé de sols du Nord Sahara (Cuvette de Ouargla). Approches micromorphologique, géochimique, minéralogique et organisation spatiale. Thèse Doct. I.N.A. Paris-Grignon, Paris, 315 p.

HAMDI-AÏSSA B., FEDOROFF N., 1997 - Salt affected soil functioning at the Ouargla oasis (Northern Sahara, Algeria). In : *International Symposium on Sustainable Management of salt affected Soils.* (ed. El-Gala, A., & Blum, W.E.H.), ISSS-FAO, Cairo : 153-154.

HAMDI-AÏSSA B., HALITIM A., BENSAAID A., HALILAT M.T., DADDI BOUHOUN M., 2000 - Gestion de l'eau pour une agriculture durable au Sahara algérien. In : *Colloque international « Eaux Souterraines en Région Agricole ».* (ed. Banton, O. & Porel, G.), INRS Quebec, Univ. Poitiers, Poitiers S3 : 63-66.

Bibliographie

HARTMANN C., 1991 - Evolution et comportement de sols sablo-argileux ferrallitiques sous culture de palmiers à huile. Thèse Doct. Pédologie, Univ. Paris VI, Paris, 201 p.

HASSAN M.M., EL-SAMNOUDI I.M., 1996 - Salt tolerance of date palm trees. The third symposium on the date palm in Saudi Arabia (17-20 junury 1993, Al-Hassa). Mars Publishing House, Vol. 1, Riyadh : 293-297.

HATTON T.J., NULSEN R.A., 1999. Towards achieving functional ecosystem mimicry with respect to water cycling in southern Australian agriculture. *Agrofor. Syst.*, 45 : 203–214.

HAURY A., 1982 - Etude du comportement du palmier dattier au Niger : Bonkougou, Dallol Bosso. *Fruits*, 37 (10) : 627-633.

HAYWARD H.E., 1949 - The salt problem and the salt tolerance of irrigated crops. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 26 : 15-17.

HAYWOOD B., 1925 - Fertilization of date palms. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 2 : 8-9.

HELLER R., 1969 - Biologie végétale. II- Nutrition et métabolisme. Masson & C^{ie}, Paris, 578 p.

HELLER R., ESNAULT R., LANCE C., 1998 - Physiologie végétale. 1-Nutrition. 6^{ème} Ed. DUNOD, Paris, 323 p.

HEWITT A.A., 1963 - Effects of different salts and salt concentration on the germination and subsequent growth of "Deglet-Noor" date seeds. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 40 : 4-6.

HIGEMAN R.H., 1972 - History of date culture and research in Arizona. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 49 : 11-14.

HILAL M.H., 1989 - Studies on irrigation and fertilization of date palm. The second symposium on the date palm in Saudi Arabia (3-6 march 1986, Al-Hassa). Mars Publishing House, Vol. 1, Riyadh : 286-302.

HODGSON R.W., 1925 - The fertilization of fruit trees. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 2 : 1-4.

HODGSON R.W., 1932 - Date culture in Tunisia, miscellaneous observations elsewhere in Mediterranean. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 9 : 7-12.

HORNEY R.D., TAYLOR B., MUNK D.S., ROBERTS B.A., LESCH S.M., PLANT R.E., 2005 - Development of practical site-specific management methods for reclaiming salt-affected soil. *Computers and Electronics in Agriculture*, 46 : 379–397.

HUSSEIN F., EL KAHTANI M., WALI Y., 1979 - La culture du palmier et la production de dattes dans le monde arabe et islamique. Impr. Ain Chamss, Ain Chamss, 576 p. (en arabe)

HUSSEIN F., HUSSEIN M.A., 1983 - Effect of nitrogen fertilization on growth, yield and fruit quality of "Sakkoti" dates grown at Asswan. The first symposium on the date palm in Saudi Arabia (23-25 march 1982, Al-Hassa). King Faisal Univ., Al-Hassa : 182-189.

Bibliographie

HUSSEIN M.A., EL-AGAMY S.Z., AMEN K.I.A., GALAL S., 1996a - Effect of certain fertilization and thinning applications on the yield and fruit quality of "Zaghloul" date palm. The third symposium on the date palm in Saudi Arabia (17-20 junury 1993, Al-Hassa). Mars Publishing House, Vol. 1, Riyadh : 199-207.

HUSSEIN F., KHALIFA A.S., ABDALLA K.M., 1996b - Effect of different salt concentrations on growth and salt uptake of dry date seedlings. The third symposium on the date palm in Saudi Arabia (17-20 junury 1993, Al-Hassa). Mars Publishing House, Vol. 1, Riyadh : 299-304.

I

IBRAHIM A.M., KHALIFA M.N.H., 1998 - Palmier dattier. Culture, entretien et production dans le monde arabe. Monchaat El-Maarif, Alexandrie, 756 p. (en arabe)

IDDER T., 1998 - La dégradation de l'environnement urbain liée aux excédents hydriques au Sahara algérien. Impacts des rejets d'origine agricole et urbaine et techniques de remédiation proposées. L'exemple de Ouargla. Thèse Doct., Université d'Angers, Angers, 284 p.

I.G.N., 1960 - Extrait de carte topographique de Ouargla. Echelle 1 : 100 000, Institut Géographique National, Paris.

I.N.C., 1960 - Extrait de carte topographique de Ouargla. Echelle 1 : 500 000, Institut National de Cartographie, Alger.

I.N.C.T., 1989 - Extrait de photographie aérienne de l'exploitation de l'université de Ouargla. Echelle 1 : 1000, Institut National de Cartographie et de télédétection, Alger.

ISMAIL M.M., AJAILY F.R., SELIOWA I., 1996 - The accumulation of chlorides in date palm leaves. The third symposium on the date palm in Saudi Arabia (17-20 junury 1993, Al-Hassa). Mars Publishing House, Vol. 1, Riyadh : 306-310.

ISRAELSEN O.W., HANSEN V., 1965 - Traité pratique de l'irrigation. Paris / New-York Intercontinental, Paris, 368 p.

J

JOHNSTON J.C., 1944 - The value and use of fertilizers. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 21 : 11-13.

JOHNSON C.K., MORTENSEN D.A., WIENHOLD B.J., SHANAHAN J.F., DORAN J.W., 2003 - Site-Specific Management Zones Based on Soil Electrical Conductivity in a Semiarid Cropping System. Agronomy Journal, 95(2) : 303-315.

K

KARPOFF R., 1952 - Observation préliminaire sur l'hydrologie du Bas-Sahara. In: " l'hydrogéologie des régions arides et sub-arides". XIX Congrès Géol. Intern., Alger : 201-231.

KAUL K.N., 1951 - Some interesting features of the distribution of palms in relation to their

Bibliographie

origine. The Indian J. of Gen. And Plant Breeding, 11 : 108-110.

KHALIFA A.S., 1996 - Les conditions écologiques et leurs relations avec les besoins des cultivars de palmier dattier. Session de formation en techniques de production pour les délégués des nations participant et bénéficiaires du réseau des techniques de production (14-24 septembre, Caire). Réseau de recherche et développement du palmier dattier, Damas, Conférence 2 : 13 p. (en arabe)

KHANZADA A.N., MORRIS J.D., ANSARI R., SLAVICH P.G. and COLLOPY J.J., 1998 - Groundwater uptake and sustainability of *Acacia* and *Prosopis* plantations in Southern Pakistan. Agricultural Water Management, 36 : 121-139.

KIJNE J.W., 2003 - Water Productivity under Saline Conditions. In: KIJNE J.W., BARKER R., MOLDEN D. - Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement. Wallingford, UK, CABI Publishing : 89-102.

KITCHEN N.R., DRUMMOND S.T., LUND E.D., SUDDUTH K.A., BUCHLEITER G.W., 2003 - Soil Electrical Conductivity and Topography Related to Yield for Three Contrasting Soil-Crop Systems. Agronomy Journal, 95(3) : 483-495.

KOVALEV A., 1969 - Rapport scientifique de la mission soviétique de la station expérimentale de Sidi Mahdi (Touggourt). In KREIDIK B.M., Rapport annuel sur l'activité de la mission soviétique, I.N.R.A.A., Sidi Mahdi : 113-126.

L

LABANAUSKAS C.K., NIXON W., 1962 - Concentrations of nutrients in pinnae of date palms in relation to an unexplained die-back of leaves in Coachella Valley, California. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 39 : 14-15.

LANGRONIER C., 1935 - Besoin en eau du palmier dattier au M'Zab. Compte-rendu général des journées du Dattier (13-17 nov. 1933, Biskra-Touggourt). OFALAC, Alger : 231-233.

LARK R.M., 1997 - An empirical method for describing the joint effects of environmental and other variables on crop yield. Ann. Appl. Biol., 131 : 141-159.

LE HOUEROU H.N., 1990 - Définition et limites bioclimatiques du Sahara. Sécheresse, 1 : 246-259.

LECLERC J.-C., 1999 - Ecophysiologie végétale. Publication de Université de Saint-Étienne, Saint-Étienne, 283 p.

LEFEVRE F., 1962 - Multiplication du palmier dattier à la station de Kankossa-Maurétanie. Fruits, 17 : 129-131.

LEHURAUX L., 1945 - Le palmier dattier du Sahara algérien. Baconnier, Paris, 138 p.

LELIEVRE R.F., 1969 - Assainissement de la cuvette de Ouargla. Ministère des Travaux Publics et de la Construction, Rapports Géohydraulique n°2, 18 p ; n° 3, 84 p.

Bibliographie

LEMMET J., 1932 - Engrais chimiques et amendements appliqués à la culture du dattier et à celles qui l'accompagnent dans les oasis sahariennes. Congrès du Dattier (5-6 novembre 1931, Biskra). Imp. Imbert, Alger, Section B, n°10 : 21 p.

LEWANDOWSKI I., SCHMIDT U., 2006 - Nitrogen, energy and land use efficiencies of miscanthus, reed canary grass and triticale as determined by the boundary line approach." *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 112(4) : 335-346.

LEZINE A. M., 1993 - Chemchane, Histoire d'une Sebkha. *Sécheresse*, 4 : 25-30.

LONGENECKER D.E., 1959 - Influence of soluble anions on some physical and physico-chemical properties of soils. *Soil Sci.*, 88 : 185-191.

LOUE A., 1986 - Les oligo-éléments en agriculture. Agri-Nathan International, Paris, 339 p.

M

MAAS E.V., 1990 - Crop salt tolerance. In: TANJI K.K., 1990 (ed.) - *Agricultural Salinity Assessment and Management*. American Society of Civil Engineers, New York : 262-304.

MAAS E.V., HOFFMAN G.J., 1977 - Crop salt tolerance-current assessment. *J. Irrig. Drainage Div. (ASCE)*, 103 : 115-134.

MAINGUET M., 1995 - L'homme et la sécheresse. Masson, Paris, 335 p.

MAKOWSKI D., DORE T., MONOD H., 2007 - A new method to analyse relationships between yield components with boundary lines. *Agron. Sustain. Dev.*, 27 : 119-128.

MALLOHI N., 1982 - Contribution à l'étude de l'influence de la salinité sur l'évolution de la matière organique. Thèse Doct. Etat, I.N.P.L., Nancy, 127 p.

MALLOHI N., 1989 - Etude de la dynamique de la matière organique dans les sols affectés par la salinité. *Tropicultura*, 7 (3) : 90-97.

MALLOHI N., JACQUIN F., 1988 - Influence des ions sodium sur les mécanismes d'humification. *Sci. Sol*, 26 (4) : 215-222.

MARTIN-PREVEL P., GAGNARD J., GAUTIER P., 1984 - Analyse végétale dans le contrôle de l'alimentation des plantes tempérées et tropicales. *Tech. Docum.* Lavoisier, Paris, 810 p.

MARZEC A., BULINSKI R., 1997 - Content of selected elements in dried fruits. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 30 : 75-78.

MASON S. C., 1924 - The date industry in Egypt, past and present. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 1 : 35-36.

MASON S.C., 1915 - Botanical characters of the leaves of date palm used in distinguishing cultivated varieties. *U.S. Dept. Agr. Bull.*, 223 : 1-28.

Bibliographie

MAZALIAK R., 1981 - Physiologie végétale : nutrition et métabolisme. Hermann, Paris, 349 p.

MCNEAL B.L., 1968 - Prediction of the effects of mixed-salt solutions on soil hydraulic conductivity. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 32 : 190-193.

MCNEAL B.L., COLEMAN N.T., 1966 - Effect of solution composition on soil hydraulic conductivity. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 30 : 308-312.

MCWILLIAM J.R., 1986 - The national and international importance of drought and salinity effects on agricultural production. Aust. J. Plant Physiol., 13 : 1-13.

MELOUK A.M., BASAL M.A., EL-ABBASY U.K., 1999a - Effect of nitrogen fertilization on growth and yield of "Zaghloul" date palm. II-Yield and fruit quality. The International Conference on Date Palm (9-11 november 1999), Assiut University, Assiut : 255-269.

MELOUK A.M., BASAL M.A., EL-ABBASY U.K., 1999b - Effect of nitrogen fertilization on growth and yield of "Zaghloul" date palm. I-Vegetative growth and leaf mineral content. The International Conference on Date Palm (9-11 november 1999), Assiut University, Assiut : 237-253.

MERABET O., POPOV A., 1972 - Les bassins salifères de l'Algérie. Actes du colloque U.N.E.S.C.O.- Géologie des dépôts salifères, Hanovre - Science de la terre, 7 : 173-181.

METZLER R.C., 1925 - Status of the Arizona date industry. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 2 : 9-10.

MILFORD H.B., MCGAW, NIXON K.J., 2001 - Soil data entry handbook. NSW soil and land information system. 3rd Ed. NSW Departement of Land and Water Conservation, Sydney, 72 p.

MILNE A.E., FERGUSON R.B., LARK R.M., 2006 - Estimating a boundary line model for a biological response by maximum likelihood." Annals of Applied Biology, 149(2) : 223-234.

MINESSY F.A., BACHA M.A.A., EL-AZAB, 1974 - Seasonal changes in some macronutrient elements in the foliage of four soft date palm varieties grown in Egypt. Alex. J. Agr. Res., 22 (2) : 293-299.

MIREMADI A., 1970 - Date culture in Iran. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 47 : 12-14.

MOFIDA W.A.E., 2002 - Determiation of some toxic elements in local foodstuff of Saudi Arabia Kingdom using atomic absorption spectroscopy. J. Saudi Chemical Society, 6 : 7-13.

MONCIERO A., 1947 - Etude comparée sommaire des différents types de culture du palmier dattier en Algérie. Fruits, 2 : 374-382.

MONCIERO A., 1950 - Contribution à l'étude du palmier dattier. Premiers résultats d'essais de fumure et de ciselage. Ann. Inst. Agr. Alger, t. V, fasc. 6 : 12 p.

MONCIERO A., 1954 - Notes sur le palmier dattier. Ann. Inst. Agr. Alger, t. IX, fasc.8: 48 p.

Bibliographie

MONCIERO A., 1961 - Le palmier dattier en Algérie et au Sahara. Les Journées du Dattier (3-4 mai 1961, Aurès). Direction Départementale des Services Agricoles, Aurès : 11-24.

MONTASSER A.S., EL-HAMMADY A., ABDALLA K.M., KHALIFA A.S., 1989 - Effet de la fertilisation azotée sur le palmier "Seewy". The symposium of multiplication and maintenance of date palms in Arabian Nation (5-10 september 1988, El-Ain, U.A.E.). Arabian Organization of Agricultural Development, Khartoum : 195-213.

MONTASSER A.S., EL-HAMMADY A., KHALIFA A., 1996 - Effect of potash fertilization on growth and mineral content of leaves of "Seewy" date palms. The third symposium on the date palm in Saudi Arabia (17-20 january 1993, Al-Hassa). Mars Publishing House, Vol. 1, Riyadh : 333-341.

MOORE H.E., 1973 - The major groups of palms and their distribution. Gents Herbarium 11 : 27-141

MUNIER P., 1953 - Sur l'origine du palmier dattier. Fruits, 8 : 47-52.

MUNIER P., 1955 - Le palmier dattier en Mauritanie. Ann. Inst. Fruits et Agrumes Colon, 12, 66 p.

MUNIER P., 1962 - Sur la présence du faux dattier, *Phoenix atlantica* Chev., en Adrar mauritanien. Fruits, 17 : 208-210.

MUNIER P., 1973 - Le palmier dattier. Techniques agricoles et productions tropicales. G. P. Maisonneuve & Larose, Paris, 221 p.

MUNIER P., 1974 - Le problème de l'origine du palmier dattier et l'Atlantide. Fruits, 29 : 235-240.

MUNNS R., 2005 - Genes and salt tolerance: bringing them together. New Phytologist, 167(3): 645-663.

N

NESSON C., SARI D., PEILLON P., 1978 - Recherches sur l'Algérie. Cent. Nat. Rech. Sci., Paris, Vol. 17, 291 p.

NIXON R.W., 1935 - Metaxenia in dates. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 32 : 221-226.

NIXON R.W., 1943 - Flower and fruit production of the date palm in relation to the retention of older leaves. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 20 : 7-8.

NIXON R.W., 1950 - Date culture in French North Africa and Spain. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 27 : 15-21.

NIXON R.W., 1952 - Ecological studies of date varieties in French North Africa. Ecology, 33 : 215-225.

NIXON R.W., 1958 - New development on trunks of date palms buried in soil. Ann. Rep.

Bibliographie

Date Growers' Inst., 35 : 6-8.

NIXON R.W., 1959 - Growing dates in the United States. U.S. Dept. Agr., Agr. Info. Bul., 207, 56 p.

NIXON R.W., 1971 - Early history of the date industry in the United States. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 48 : 26-30.

NIXON R.W., CARPENTER J.B., 1978 - Growing dates in the United States. U.S. Dept. Agr., Agr. Info. Bul., 207, 63 p.

NOUR J.H., ABDEL-REDAH A., ABDEL-JAWAD M., ABDE-RAOUF A.-A., 1999 - Fertilizer requirements of date palm trees irrigated with treated sewage water. The International Conference on Date Palm (9-11 november 1999), Assiut University, Assiut : 101-110.

O

O.N.M., 2008 - Fiches de données météorologiques de Ouargla entre 1998 et 2007. Office National de la Météorologie de Ouargla à Aïn Beida, 3 p.

OSMAN A.M.A., REUTHER W., ERICKSON L.C., 1974 - Xenia and Metaxenia studies in date palm (*Phoenix dactylifera* L.). Ann. Rep. Date Growers' Inst., 51 : 6-16.

OUDEJANS J.H.M., 1969 - Date palm (*Phoenix dactylifera* L.). In FERWERDA F.P. and WIT F., eds. Outlines of perennial crop breeding in the tropics. Veenman & Zonen, Wageningen : 243-256.

OUINTEN M., 1996 – Diversité et structures génétiques des populations algériennes de *Fusarium oxysporum* F. Sp. Albedinis, agent de la fusariose vasculaire (Bayoud) du palmier dattier. Thèse Doct., Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 170 p.

OZENDA P. 1983 - Flore du Sahara. 2^{ème} Ed.C.N.R.S., Paris, 615 p.

OZENDA P. 2004 - Flore et végétation du Sahara. 3^{ème} Ed.C.N.R.S., Paris, 662 p.

P

PALIWAL K.V., GANDHI A.P., 1976 - Effects of salinity, SAR, Ca : Mg ratio in irrigation water, and soil texture on the predictability of exchangeable sodium percentage. Soil Sci., 122 : 85-90.

PANKOVA Y.I., 1992 - Desert soil salinization and correlations with climate aridity and continentality. Problemy Osvoeniya Pustyn, 3 : 54 - 61.

PAUL W.L., 1924 - Short history of date planting in California. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 1 : 34-35.

PEYRON G., 2000 - Cultiver le palmier dattier. G.R.I.D.A.O., Montpellier, 109 p.

Bibliographie

PILLAY A.E., WILLIAMS J.R., EL-MARDI M.O., HASSAN S.M., AL-HADABBI M.H., AL-HAMDI A., 2002 - Monitoring of cadmium in "on" and "off" date palms. *Environment International*, 28 : 273-276.

PILLET D., IDDER A., 1995 - Repères pour l'histoire de Ouargla 1872-1992. Hiwarcom, Ouargla, 155 p.

PNUD-UNESCO, 1972 - Projet Reg 100. Etude des ressources en eau du Sahara septentrional. PNUD-UNESCO, Paris, 78 p.

POPENOE P.B., 1913 - Date growing in the Old World and the New. George Rice and Sons, Los Angeles, 316 p.

POUGET M., 1968 - Contribution à l'étude des croûtes et encroûtements gypseux de nappe dans le sud Tunisien. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. VI, 3 : 309-365.

POUGET M. 1980 - Les relations sol-végétation dans les steppes Sud-algéroises. O.R.S.T.O.M., Paris, 555 p.

PUPISKY H., SHAINBERG I., 1979 - Salt effects on the hydraulic conductivity of a sandy soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43 : 429-433.

R

REME M., 1935 - Méthode d'exploitation des eaux souterraines. Compte-rendu général des journées du Dattier (13-17 nov. 1933, Biskra-Touggourt). OFALAC, Alger : 47-66.

REUTHER W., 1948 - The mineral composition of date palm foliage. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 51 : 137-144.

RHOADES J.D., 1985 - Salt problems from increased irrigation efficiency. *J. Irrig. Drain. Engineering*, 111(3) : 218-229.

ROBERT M., 1992 - Le sol, une ressource naturelle à préserver pour la production et l'environnement. *Cah. Agr.*, 1 : 20-34.

ROBERT M., CHEVERRY C., 1996 - Les ressources mondiales en eau et en sols : une limitation pour l'avenir. *Cah. Agr.*, 5 : 243-248.

RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J.-P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H., RODI L., 2005 - L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{ème} Ed. Dunod, Paris, 1384 p.

ROSEAU M., 1935 - Contribution à l'étude du palmier dattier dans ses rapports avec les éléments du sol. Compte-rendu général des journées du Dattier (13-17 nov. 1933, Biskra-Touggourt). OFALAC, Alger : 67-75.

ROUVILLOIS-BRIGOL M., 1975 - Le pays de Ouargla (Sahara algérien). Variations et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Département Géographie Université Paris-Sorbonne, Paris, 389 p.

Bibliographie

RYGG G.L., 1971 - Comparison of heat at Indio, California with that at Biskra and Touggourt, Algeria and its effect on "Deglet-Noor" date quality. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 48 : 23-25.

RYGG G.L., 1975 - Date Development, Handling, and Packing in the United States. Agr. Handbook, 482, U.S. Dept. Agr., Washington, 56 p.

S

SAKER M.L., 2000 - Les contraintes du patrimoine phoenicicole de la région de l'Oued Righ et leurs conséquences sur la dégradation des palmeraies. Problèmes posés et perspectives de développement. Thèse de Doct., Université Louis Pasteur, Strasbourg, 335 p.

SAKER M.L., DADDI BOUHOUN M., 2007a - La phoeniculture algérienne: situation actuelle, problème posés et perspectives de développement. Ann. Faculté Sci. Sci. Ing. Ouargla, 1(2) : 51-57.

SAKER M.L., DADDI BOUHOUN M., 2007b - Les ressources naturelles sahariennes: gestion et impact sur le développement agricole. Ann. Faculté Sci. Sci. Ing. Ouargla, 1(2) : 58-62.

SAPORTA G., 1990 - Probabilités, analyse des données et statistique. Technip, Paris, 493 p.

SAWAYA W.N., KHATCHADOURIAN H.A., KHALIL J.K., SAFI W.M., AL-SHALHAT A., 1982 - Growth and compositional changes during the various developmental stages of some Saudi Arabian date cultivars. J. Food Sci., 47 : 1489-1497.

SCHOONOVER W.R., 1935 - Some suggestions on soil management in date gardens. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 12 : 4-6.

SERVANT J., 1970 - Etude expérimentale de l'influence des conditions salines sur la perméabilité des sols. Conséquences pédologiques. Sci. Sol, 2 : 87-103.

SERVANT J.M., 1978 - La salinité dans le sol et les eaux: caractérisation et problèmes d'irrigation-drainage. Bull. B.R.G.M., Sect. III, 2 : 123-142.

SHANI U., DUDLEY L.M., 2001 - Field studies of crop response to water and salt stress. Soil Sci. Soc. Am. J., 65 : 1522-1528.

SHANI U., BEN-GAL A., DUDLEY L.M., 2005 - Environmental implications of adopting a dominant factor approach to salinity management. J. Environ. Qual., 34: 1455-1460.

SHAWKY I., 1996 - Fertilisation et irrigation du palmier dattier. Session de formation en techniques de production pour les délégués des nations participant et bénéficiaires du réseau des techniques de production (14-24 septembre, Caire). Réseau de recherche et développement du palmier dattier, Damas, Conférence 1 : 11 p. (en arabe)

SHAWKY I., EL-HAMMADY A., DESOKY I., YOUNIS S., 1998 - Effect of nitrogen fertilization on "Samany" date. The scientific symposium of date palm recherche (16-18 February, Marakach). Development and Recherche of Date palms Network, Damas : 116-127.

Bibliographie

SHAWKY I., YOUSIF M., EL-GAZZAR A., 1999 - Effect of nitrogen fertilization on "Seewy" date palm. The International Conference on Date Palm (9-11 november 1999), Assiut University, Assiut : 3-16.

SHENKER M., BEN-GAL A., SHANI U., 2003 - Corn growth and uptake under combined nitrogen and salinity environmental stresses. *Plant Soil*, 256: 139-147.

SHOWERS B.J., 1927 - Soil managment in light of the rothamsted experiments. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 4 : 2-5.

SIMMONS L.T., 1926 - Rooting habits of date palm. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 3 : 1-3.

SIMONNEAU P., AUBERT G., 1963 - L'utilisation des eaux salées au Sahara. *Ann. Agro.*, 14 (5) : 859-872.

SINCLAIR W.B., BARTHOLOMEW E.T., BLISS D.E., 1941 - Composition of dates as affected by soil fertilizer treatments. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 18 : 11-16.

SMITH H., 1928 - Fertilizing experiments. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 5 : 1-4.

STEWART P., 1969 - Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique, quelques réflexions. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 59 : 23-36.

SWINGLE W.T., 1924 - Co-Operative quarantine date nurseries. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 1 : 25-26.

SWINGLE W.T., 1945 - Introduction of the "Medjool" date from Africa into the United States. *Ann. Rep. Date Growers' Inst.*, 22 : 15-16.

SZABOLCS I., 1986 - Agronomical and ecological impact of irrigation on soil and water salinity. *Advances in Soil Science. Volume 4* : 189-218.

T

TESSIER M., 1965 - Les crues d'oued au Sahara Algérien de 1950 à 1961. *Bull. Inst. Rech. Saha., Alger, Tome XXIV* : 1-7.

TURC L., 1961 - Evolution des besoins en eau d'irrigation évapotranspiration potentielle. *Ann. Agron.*, 12 (1) : 13-49.

TURNER N.C., WARD P.R., 2002 - The role of agroforestry and perennial pasture in mitigating water logging and secondary salinity: summary. *Agricultural Water Management*, 53 : 271-275.

U

U.S.D.A., 1999 - Soil quality. Test kit guide. U.S. Dept. of Agriculture, Washington, 82 p.

U.S.S.L., 1954 - Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U. S. Salinity Laboratory, U.S. Dept. Agr., Handbook, 60 , Washington, 160 p.

V

VANGOOL D., MOORE G., 1999 - Land evaluation standards land resource mapping. Resource Management Tech. Rep.181, Agriculture Western Australia, South Perth, 85 p.

VILLE L., 1872 - Exploration géologique du Béni-M'Zab, du Sahara et la région des steppes de la province d'Alger. Impr. Natio., Paris, 540 p.

W

WAKID A. A., 1973 - Les palmiers. Librairie Anglo-Egyptienne, Caire, 293 p.

WEBB R.A., 1972 - Use of the boundary line in the analysis of biological data. J. Hort. Sci., 47: 309-319.

WEBBER H.J., 1933 - Combination culture of date and citrus. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 10 : 5-7.

WEEKS L.O., 1957 - Agricultural drainage in Coachella Valley. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 34 : 14-15.

WENT F.W., DARLEY E., 1953 - Root hair development on date palms. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 30 : 3-5.

WERTHEIMER M., 1957 - Problèmes de drainage dans les palmeraies du sud constantinois. Fruits, 12 : 345-352.

WILLIAMS J.R., PILLAY A.E., EL-MARDI M.O., AL-LAWATI S.M.H., AL-HAMDI A., 2005 - Levels of selected metals in the Fard cultivar (date palm). J. Arid Env., 60 : 211-225.

WINSLOW M.M., 1928 - Date fertilizer trials in the Coachella Valley. Ann. Rep. Date Growers' Inst., 5 : 4-5.

WOOD J.F., MORTENSEN E., 1938 - Adaptability studies with date palms in southwest Texas. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 35 : 231-234.

Y

YADAV B.R., 1992 - Effect of irrigation waters of varying Mg / Ca ratios on phosphate adsorption by calcareous soil. J. Indian Soc. Soil Sci., 40 : 262-265.

YOUSAF M., ALI O.M., RHOADES J.D., 1987 - Clay dispersion and hydraulic conductivity of some salt affected arid land soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 51 : 905-907.

YOUSIF A.K., BENJAMIN N.D., KADO A., ALDDIN S.M., ALI S.M., 1982 - Chemical composition of four Iraqi date cultivars. Date Palm J., 1 : 285-294.

Z

ZAID A., ARIAS-JIMENEZ E.J., 2002 - Date palm cultivation. Series title: FAO Plant Production and Protection Papers - 156 Rev.1, 110 p.

ZAKI M.M., 1977 - Amélioration de la culture des palmiers et développement de l'industrie des dattes et des noix de Coco. Khartoum, Arabian Organization of Agricultural Development, Khartoum, 79 p. (en arabe)

ZARTMAN R.E., GICHURU M., 1984 - Saline irrigation water: effects on soil chemical and physical properties. Soil Sci., 136 (6) : 417-422.

ZENG L., SHANNON M.C., LESCH S.M., 2001 - Timing of salinity stress affects rice growth and yield components. Agricultural Water Management, 48(3) : 191-206.

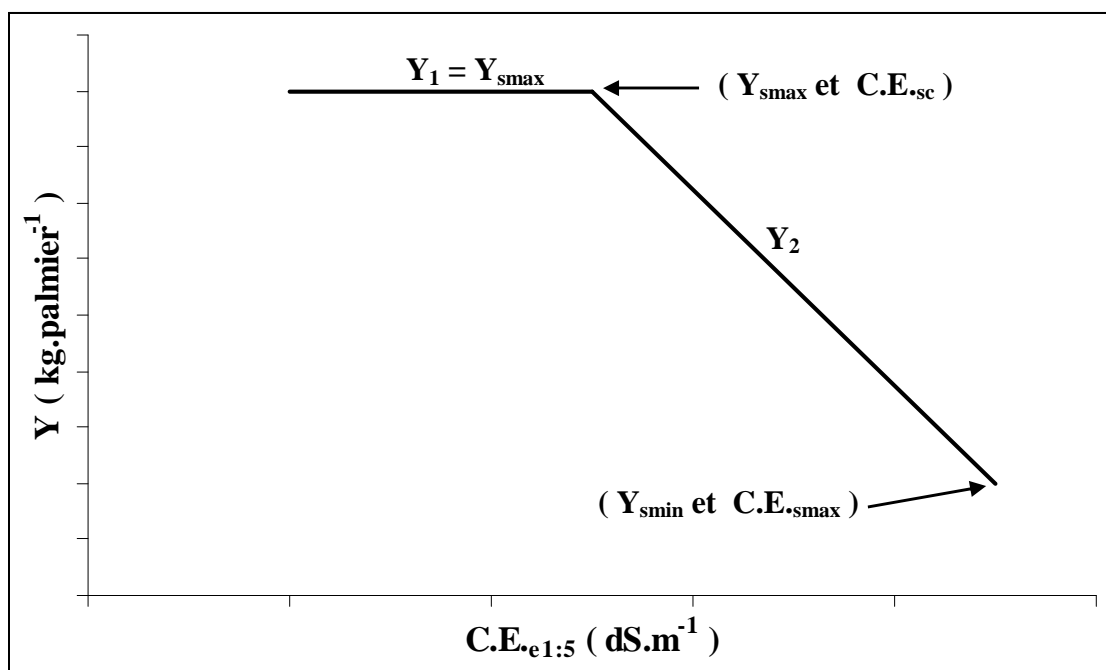


Annexes

Annexe 1. Paramètres et traçage des courbes-enveloppes dans la cuvette de Ouargla

Types de zones	Paramètres des courbes enveloppes				Régressions linéaires
	Y_{smax}	$C.E._{sc}$	Y_{smin}	$C.E._{smax}$	
Croûtes-nappes profondes	91,07	3,49	35,18	5,75	$Y_2 = - 23,877 * C.E._{e1:5} + 172,47$ $C.E._{e1:5} = - 0,0391 * Y_2 + 7,0459$ ($R^2 = 0,9337$)
Nappes profondes	98	2,33	93,21	3,96	$Y_2 = - 2,9165 * C.E._{e1:5} + 104,76$ $C.E._{e1:5} = - 0,3392 * Y_2 + 35,569$ ($R^2 = 0,9893$)
Croûtes-nappes superficielles	79,33	2,89	14,68	8,22	$Y_2 = - 12,031 * C.E._{e1:5} + 113,57$ $C.E._{e1:5} = - 0,0816 * Y_2 + 9,3681$ ($R^2 = 0,9822$)
Nappes superficielles	87,5	5,29	18,16	9,76	$Y_2 = - 15,469 * C.E._{e1:5} + 169,14$ $C.E._{e1:5} = - 0,0641 * Y_2 + 10,903$ ($R^2 = 0,991$)

Y : Rendements des palmiers dattiers ($kg.palmier^{-1}$) et C.E. : $C.E._{e1:5}$ ($dS.m^{-1}$)



Annexe 2. Paramètres des modèles de rendements relatifs et régressions linéaires dans les zones hydro-édaphiques de la cuvette de Ouargla

Types de zones	Paramètres	Paramètres des équations de rendements relatifs (Y_r)		Régressions par classes de salinités
		a'	b'	
Croûtes-nappes profondes	C.E. _{e1:5}	1,200	17,457	$Y_{pcnp} = -24,315 * CE_{e1:5} + 168,46 ; R^2 = 0,994$
	C.E. _i	1,124	33,223	$C.E._{e1:5} = 1,9031 * C.E._i - 0,9393 ; R^2 = 0,9939$
	P.c.	85,696	- 5,946	$C.E._{e1:5} = -0,3406 * P.c. + 30,388 ; R^2 = 0,948$
Nappes profondes	C.E. _{e1:5}	1,200	5,644	$Y_{pnp} = -4,5337 C.E._{e1:5} + 85,77 ; R^2 = 0,9584$
	C.E. _i	2,159	12,343	$C.E._{e1:5} = 2,1869 * C.E._i - 3,5222 ; R^2 = 0,7014$
Croûtes-nappes superficielles	C.E. _{e1:5}	1,200	14,468	$Y_{pcns} = -12,156 * C.E._{e1:5} + 98,607 ; R^2 = 0,7736$
	C.E. _i	1,314	38,748	$C.E._{e1:5} = 2,6782 * C.E._i - 2,3198 ; R^2 = 0,9821$
	C.E. _n	10,193	7,852	$C.E._{e1:5} = 0,5427 * C.E._n - 4,3316 ; R^2 = 0,9351$
	P.n.	97,135	- 2,081	$C.E._{e1:5} = -0,1438 * P.n. + 15,168 ; R^2 = 0,9538$
	P.c.	91,859	- 2,747	$C.E._{e1:5} = -0,1899 * P.c. + 18,644 ; R^2 = 0,9999$
Nappes superficielles	C.E. _{e1:5}	1,200	9,948	$Y_{pns} = -8,0452 * C.E._{e1:5} + 90,53 ; R^2 = 0,9636$
	C.E. _i	1,291	18,108	$C.E._{e1:5} = 1,8203 * C.E._i - 1,1504 ; R^2 = 0,7999$
	C.E. _n	10,841	4,661	$C.E._{e1:5} = 0,4686 * C.E._n - 3,88 ; R^2 = 0,9419$
	P.n.	127,132	- 0,770	$C.E._{e1:5} = -0,0774 * P.n. + 11,04 ; R^2 = 0,9742$

Annexe 3. Morphologies des profils d'accumulations réduites (R)

Profils (P)	Description de la morphologie édaphique et racinaire
R1 (S2P2 et 5)	<p>Les profils sont constitués de trois horizons. Le premier horizon sableux à limono-sableux, d'une épaisseur de 20 à 42 cm. La couleur est variable de 7,5 YR 5/4 (Brown) à 5/6 (Strong Brown). Il est friable, peu compact, peu cimenté, de structure grenue, pauvre en gypse et en calcaire, en forme diffuse, peu d'éléments grossiers et quelques débris végétaux. L'horizon médian, d'une épaisseur de 41 à 60 cm. La couleur est variable 7.5 YR 5/6 à 5/8 (Strong Brown). Il est friable, peu compact à compact, peu cimenté à cimenté, sablo-limoneux à limono-sableux, structure grenue, pauvre en gypse et en calcaire, présence de graviers en silex et pauvre en matière organique. Le dernier horizon dans le profil, de profondeur variable, dépasse 80 à 83 cm. La couleur est variable de 7.5 YR 6/6 (Reddish Yellow). Il est friable, peu compact à compact, peu cimenté à cimenté, sableux à sablo-limoneux, structure grenue, pauvre en gypse et en calcaire, riche en graviers et cailloux en silex et pauvre en matière organique.</p> <p>L'ensemble des horizons dans les profils présentent des racines de diamètre fin à grossier, avec aucune anomalie, signe d'un bon enracinement pour le palmier dattier. La couleur des racines variable en fonction du diamètre de celle-ci, jaune pour les jeunes et marron à noir pour les racines moyennes à grossières. L'horizon superficiel présente une très faible densité racinaire, située essentiellement en bas de l'horizon. La densité racinaire augmente légèrement dans l'horizon médian, pour diminuer légèrement ensuite dans le dernier horizon des profils.</p>
R2 (S2P1, 3 et 4)	<p>Les profils sont constitués de trois horizons. Le premier horizon sableux à limono-sableux, d'une épaisseur de 20 à 35 cm. La couleur est variable de 7,5 YR 6/8 et 6/6 (Reddish Yellow). Il est friable, peu compact, peu cimenté, de structure grenue, pauvre en gypse et en calcaire en forme diffuse, peu d'éléments grossiers et quelques débris végétaux. L'horizon médian, d'une épaisseur de 28 à 46 cm. La couleur est variable 7.5 YR 5/6 à 5/8 (Strong Brown) à 6/6 (Reddish yellow). Il est friable, peu compact à compact, peu cimenté à cimenté, sablo-limoneux à limono-sableux, structure grenue, pauvre en gypse, peu à modérément calcaire, présence de graviers en silex et pauvre en matière organique. Le dernier horizon dans les profils, de profondeur variable, dépasse 63 à 66 cm. La couleur est variable de 7.5 YR 6/6 (Reddish Yellow) à 6/2 (Pinkish gray). Il est friable, peu compact à compact, peu cimenté à cimenté, sableux à limono-sableux, structure grenue, pauvre en gypse, peu à modérément calcaire, riche en graviers et cailloux, en silex et pauvre en matière organique.</p> <p>L'ensemble des horizons dans les profils présentent des racines de diamètre fin à grossier, avec aucune anomalie, signe d'un bon enracinement pour le palmier dattier. L'horizon superficiel présente une très faible densité racinaire, située essentiellement en bas de l'horizon. La densité racinaire augmente légèrement dans l'horizon médian, pour diminuer légèrement ensuite dans le dernier horizon des profils.</p>
R3 (S1A1P1)	<p>Le profil est constitué de trois horizons. L'horizon superficiel, d'une épaisseur de 30 cm est gypseux, modérément calcaire en forme diffuse. Il est sableux, de couleur 7,5 YR 4/6 (Brown), ferme, peu compact, peu cimenté, de structure grenue et renferme quelques débris organiques. L'horizon médian, d'une épaisseur de 45 cm, est gypseux, modérément calcaire, avec des cristaux gypseux et des amas calcaires blanchâtres. Il est sableux, de couleur 7,5 YR 5/4 (Dull Brown),</p>

	<p>ferme, peu compact, peu cimenté, de structure grenue et pauvre en matière organique. L'horizon au fond du profil, d'une profondeur qui dépasse 75 cm, est pauvre en gypse, fortement calcaire, riche en amas calcaires blanchâtres. Il est sableux, de couleur 7,5 YR 7/4 (Dull Orange), ferme, cimenté, compact, de structure massive et pauvre en matière organique.</p> <p>L'horizon superficiel contient de nombreuses racines de palmier dattier de différents diamètres. Il y a de nombreuses racines dans l'horizon médian, de diamètre moyen à grossier. L'horizon au fond du profil contient de nombreuses racines de palmiers dattiers, de différents diamètres, qui diminuent en profondeur.</p>
<p>R4 (S1A1P2 et 3)</p>	<p>Les profils sont constitués de trois horizons. L'horizon superficiel, d'une épaisseur de 36 à 38 cm, est modérément calcaire, gypseux à extrêmement gypseux en forme diffuse. Il est de couleur 7,5 YR 5/4 (Dull Brown), ferme, peu compact, peu cimenté, sablo-limoneux, de structure grenue et pauvre en matière organique. L'horizon médian, d'une épaisseur de 22 à 28 cm, est modérément calcaire, gypseux en forme de cristaux et d'amas. Il est de couleur 7,5 YR 5/4 (Dull Brown), friable à ferme, non à peu compact, non à peu cimenté, sableux, de structure grenue et pauvre en matière organique. L'horizon au fond des profils, de profondeur variable, dépasse 60 à 64 cm, est modérément calcaires, gypseux, présente des amas avec du gravier calcaire qui augmente avec la profondeur. Il est de couleur de 7,5 YR 6/6 (Orange), ferme, peu cimenté à cimenté, peu compact à compact, sableux, de structure grenue et pauvre en matière organique.</p> <p>L'horizon superficiel contient de nombreuses racines de palmiers dattiers, de diamètre fin à moyen. La densité racinaire augmente dans l'horizon médian, de diamètre moyen à grossier. Il y a au fond des profils de nombreuses racines jeunes de palmiers dattiers, de différents diamètres, qui augmentent en profondeur, avec quelques racines mortes.</p>
<p>R5 (S3P1, 2, 3, 4 et 5)</p>	<p>Les profils présentent trois horizons. L'horizon de surface, d'une épaisseur de 22 à 46 cm, est pauvre en gypse et en calcaire et de couleur variable, de 7,5 YR 3/4 (Dark Brown), 4/6 (Strong Brown) et 5/4, 4/3, 4/2 (Brown). Il est friable à ferme, non à peu compact, non à peu cimenté, sableux, de structure grenue avec quelques débris organiques, particulièrement de palmiers, abondant à la surface du sol. L'horizon médian, d'une épaisseur de 21 à 42 cm, est non calcaire et peu à moyennement gypseux. La couleur est variable, de 7,5 YR 5/6, 4/6 (Strong Brown), 5/4, 4/3 (Brown), et 7/4 (Pink). Il est ferme, peu compact, peu cimenté, sableux, de structure grenue et pauvre en matière organique. L'horizon au fond des profils, de profondeurs variables, dépassent 47 à 69 cm, est non calcaire et moyennement gypseux à gypseux. La couleur est variable, de 7,5 YR 6/8, 6/6 (Reddish Yellow) et 6/4 (Light Brown). Il est ferme, peu compact à compact, peu cimenté à cimenté, sableux, de structure grenue et pauvre en matière organique.</p> <p>La densité racinaire du palmier dattier dans l'horizon de surface est faible par rapport à l'horizon sous-jacent, les diamètres fins à moyens prédominent. Le deuxième horizon peu gypseux, présente une densité racinaire moyenne élevée dans les profils, de différents diamètres, avec présence de quelques racines pourries à cause du niveau élevé de la nappe phréatique. Le dernier horizon présente une densité racinaire faible par rapport à l'horizon précédent, de diamètre prédominant fin à moyen, certaines d'entres-elles sont pourries.</p>

S1 : Station de l'université de Ouargla (demi-secteur A1), **S2** : Station de Hassi Ben Abdallah, **S3** : Station de Ain El-Beïda

Annexe 4. Morphologies des profils d'accumulations réduites-encroûtements (RE)

Profils (P)	Descriptions de la morphologie édaphique et racinaire
RE1 (S1B1P3 et 4)	<p>Les profils sont constitués de trois horizons. L'horizon superficiel, d'une épaisseur de 20 à 29 cm, est gypseux, modérément calcaire, en forme diffuse. Il est sableux à sablo-limoneux, de couleur 7,5 YR 5/4 (Dull Brown), ferme, peu compact, peu cimenté, de structure grenue et pauvre en matière organique. L'horizon médian, d'une épaisseur de 25 à 28 cm, est gypseux, modérément calcaire, en forme d'amas blanchâtres friables. Il est sableux à sablo-limoneux, de couleur variable entre 7,5 YR 5/6 (Bright Brown) et 6/6 (Orange), ferme, peu compact, peu cimenté, de structure grenue et pauvre en matière organique. L'horizon du fond du profil, de profondeur variable, dépasse 45 à 57 cm, est un encroûtement fortement calcaire, avec des éléments grossiers variable entre graviers et blocs calcaires durs et pauvres en gypse. Il est sableux à sablo-limoneux, de couleur variable de 7,5 YR 6/6 à 7/6 (Orange), ferme, compact, cimenté, de structure polyédrique et pauvre en matière organique.</p> <p>L'horizon superficiel présente quelques racines de palmiers dattiers en bas de l'horizon, de diamètre fin à moyen. De nombreuses racines, de diamètre fin à grossier, sont présentes dans l'horizon médian avec une densité qui augmente avec la profondeur. L'enracinement est moins important dans l'encroûtement calcaire, de différents diamètres, qui diminue avec la profondeur.</p>
RE2 (S4P1, 2, 3, 4 et 5)	<p>Les profils présentent trois horizons. L'horizon superficiel, d'une épaisseur de 18 à 47 cm, est peu calcaire, peu gypseux à gypseux, en forme diffuse et de couleur variable, de 7,5 YR 4/4 à 5/4 (Brown) et 4/4 à 5/8 (Strong Brown). Il est friable à ferme, non à peu compact, non à peu cimenté, sablo-limoneux, de structure grenue et pauvre en matière organique. L'horizon médian, d'une épaisseur de 28 à 59 cm, est non à peu calcaire, gypseux à extrêmement gypseux, en forme d'amas et de couleur variable, de 7,5 YR 5/4 (Brown), 4/6 à 5/8 (Strong Brown) et 6/4 (Light Brown). Il est ferme, peu compact, peu cimenté, sableux, de structure grenue et pauvre en matière organique. L'horizon au fond du profil, de profondeur variable, dépasse 63 à 81 cm, est un encroûtement extrêmement gypseux, peu à non calcaire et de couleur variable, de 7,5 YR 5/2 (Brown), 5/6 (Strong Brown) et 6/4 (Light Brown). Il est ferme, peu compact à compact, peu cimenté à cimenté, sableux, de structure polyédrique et pauvre en matière organique.</p> <p>Le premier horizon présente un faible enracinement de palmiers dattiers, de différents diamètres. La densité racinaire augmente dans l'horizon médian, de diamètres fin à grossiers. Le nombre des racines, fines à grossières, diminue dans l'encroûtement gypseux.</p>

S1 : Station de l'université de Ouargla (demi-secteur B1), **S4** : Station du Chott

Annexe 5. Morphologies des profils d'accumulations réduites-encroûtements-croûtes (REC)

Profils (P)	Descriptions de la morphologie édaphique et racinaire
REC1 (S1A2P2, 3, 4 et 5)	<p>Les profils sont constitués de quatre horizons. L'horizon superficiel, d'une épaisseur de 20 à 29 cm, est gypseux à extrêmement gypseux, modérément calcaire, en forme diffuse. Il est sableux, de couleur variable de 7,5 YR 5/6 (Bright Brown) à 5/4 (Dull Brown), ferme, peu compact, peu cimenté, de structure grenue et quelques débris organiques. Le deuxième horizon, d'une épaisseur de 30 à 40 cm, est gypseux à extrêmement gypseux, modérément calcaire, riche en cristaux. Il est sableux, de couleur 7,5 YR 5/6 (Bright Brown), ferme, peu compact, peu cimenté, de structure grenue et pauvre en matière organique. Le troisième horizon, d'une épaisseur de 29 à 42 cm, est un encroûtement, extrêmement gypseux, modérément calcaire, riche en cristaux de diamètre (4 à 6 mm), graviers et cailloux. Il est sableux, de couleur 7,5 YR 6/6 (Orange), ferme, compact, cimenté, de structure polyédrique et pauvre en matière organique. L'horizon au fond du profil, de profondeur variable, dépasse 88 à 95 cm, est une croûte gypseuse à extrêmement gypseuse et modérément calcaire. Il est sableux à sablo-limoneux, de couleur variable de 7,5 YR 7/4 (Dull Orange), 4/4 (Brown) à 5/6 (Bright Brown). La croûte est ferme, compacte à très compacte, cimentée à très cimentée, de structure massive et pauvre en matière organique.</p> <p>L'horizon superficiel présente quelques racines de palmiers dattiers, de diamètre fin et moyen. Le deuxième horizon renferme de nombreuses racines, de diamètre fin à grossier, avec une répartition dense. Elle diminue dans le troisième horizon, d'encroûtement gypso-calcaire, et quelques racines sont mortes et pourries, et enrobées de cristaux gypseux. Il y a peu de racines au fond du profil, de diamètre fin à grossier, déformées et aplaties en haut de la croûte. La croûte renferme quelques racines jeunes, jaunâtres. Certaines d'entre elles se développent à l'intérieur des racines mortes et pourries.</p>
REC2 (S1B2P1, 2 et 4)	<p>Les profils présentent quatre horizons. L'horizon superficiel, d'une épaisseur de 24 à 31 cm, présente une couleur variable de 7,5 YR 4/6 (Brown) à 5/6 (Bright Brown). Il est friable, non compact, non cimenté, sableux, de structure particulière, gypseux, modérément calcaire et pauvre en matière organique. Les horizons médians sont constitués d'encroûtements et de croûtes gypseux, modérément calcaires et pauvres en matière organique. L'encroûtement gypseux, d'une épaisseur de 24 à 56 cm, présente une couleur variable, de 7,5 YR 4/6 (Brown), 5/6 (Bright Brown), 5/4 (Bright Brown) et 6/6 (Orange). Il est sableux à sablo-limoneux, ferme, peu compact à compact, de structure polyédrique, existence de cailloux, de 3 à 6 cm, évolue en pierres vers le bas de l'horizon. La croûte gypseuse, d'une épaisseur de 21 à 43 cm. La couleur est variable de 7,5 YR 5/8 (Brawn), 5/6 (Bright Brown) et 6/6 (Orange). Elle est sablo-limoneuse,, très ferme, très compacte et de structure massive. Le fond des profils sont constitués d'encroûtements calcaires, pauvres en gypse, de profondeurs variables, dépassant 87 à 101 cm et présentent une couleur variable, de 7,5 YR 5/6 (Bright Brown), 6/8 (Orange) à 6/6 (Orange). Il est sableux, riche en graviers, cailloux et pierres calcaires, de diamètre de 3 à 20 cm, leur diamètre augmente avec la profondeur. Cet horizon est ferme, compact, cimenté, de structure polyédrique et pauvre en matière organique.</p> <p>Les racines du palmier dattier dans l'horizon de surface, sont fines à moyennes, leur densité augmente avec la profondeur. L'encroûtement gypseux présente de</p>

	<p>nombreuses racines, de diamètre moyen à grossier, abondantes en bas de celui-ci. La croûte gypseuse renferme plusieurs racines moyennes à grossières, aplaties en haut de la croûte, quelques jeunes racines développées dans des racines mortes, et les racines de différents diamètres dans les zones de croûtes de moindre résistance. L'encroûtement calcaire contient quelques racines fines et moyennes et des racines mortes de palmiers dattiers.</p>
<p>REC3 (S1B2P3 et 5)</p>	<p>Les profils présentent trois horizons. L'horizon de surface, d'une épaisseur de 17 à 38 cm, est modérément calcaire, gypseux en forme diffuse. Il est sableux, de couleur 7,5 YR 5/6 (Bright Brown), friable, non compact, sableux, à structure particulière et pauvre en matière organique. L'horizon médian, d'une épaisseur de 28 à 44 cm, est un encroûtement modérément calcaire, extrêmement gypseux, riche en cristaux gypseux, et en cailloux et pierres calcaires. Il est sableux, de couleur 7,5 YR 5/6 (Bright Brown), friable à ferme, non compact à compact, sableux, de structure polyédrique et pauvre en matière organique. L'horizon au fond du profil, de profondeur variable, dépassant 61 à 66 cm, est une croûte extrêmement gypseuse et pauvre en calcaire. Elle est sableuse, de couleur 7,5 YR 5/6 (Bright Brown), ferme, très compacte, à structure massive et pauvre en matière organique.</p> <p>L'horizon superficiel contient des racines, fines à moyennes de palmiers dattiers, et leur densité augmente avec la profondeur. L'enracinement dans l'encroûtement est dense et de diamètre moyen à grossier. La croûte présente un enracinement fin à grossier est concentré en haut de celle-ci.</p>
<p>REC4 (S1B1P1, 2 et 5)</p>	<p>Les profils présentent trois horizons. L'horizon superficiel, d'une épaisseur de 23 à 29 cm, est friable, peu compact, sableux à sablo-limoneux, de structure grenue, modérément calcaire, gypseux, avec quelques amas calcaires à gypseux et des débris végétaux. La couleur est variable de 7,5 YR 4/4 (Brown), 5/4 (Dull Brown) et 5/6 (Bright Brown). L'horizon médian est constitué d'encroûtements. Celui-ci est pauvre en matière organique, modérément calcaire, gypseux à extrêmement gypseux, d'une épaisseur de 24 à 56 cm, ferme, peu compact à compact, sableux à sablo-limoneux, de structure polyédrique, avec des graviers et des cailloux durs calcaires, leur diamètre augmente avec la profondeur (1,5 à 5,5 cm). L'encroûtement devient de plus en plus grossier en profondeur. La couleur est variable de 7,5 YR 4/6 (Brown), 5/6 (Bright Brown) et 6/8 (Orange). La croûte au fond du profil est extrêmement gypseuse, pauvre en matière organique, modérément calcaire, d'une profondeur variable, dépassant 53 à 80 cm, est ferme, très compacte et renferme des graviers, des cailloux, des pierres et des blocs calcaires très durs (1 à 25 cm), de diamètre de plus en plus grand vers le bas du profil ou vice versa. La croûte est sableuse à sablo-limoneuse, de couleur variable de 7,5 YR 7/4 (Dull Orange), 7/6 (Orange) et 4/4 (Brown).</p> <p>Il y a de nombreuses racines de palmiers dattiers dans l'horizon de surface, de diamètre fin à moyen, avec une densité qui augmente avec la profondeur. La densité racinaire du palmier dattier augmente en bas de l'encroûtement, au contact de la croûte, ce qui déforme les racines, et le diamètre racinaire varie de fin à grossier. La densité racinaire dans la croûte est presque nulle, et les racines, fines à moyennes se concentrent dans les zones friables de la croûte. Il y a des jeunes racines qui se développent à l'intérieur des racines mortes et des racines déformées.</p>
<p>REC5 (S1A2P1)</p>	<p>Le profil est constitué de quatre horizons. L'horizon de surface, d'une épaisseur de 24 cm, est modérément calcaire et extrêmement gypseux en forme diffuse. Il</p>

	<p>est de couleur 7,5 YR 5/4 (Dull Brown), ferme, peu compact, peu cimenté, sablo-limoneux, de structure grenue et présente quelques débris organiques. Le deuxième horizon, d'une épaisseur de 28 cm, est pauvre en calcaire et extrêmement gypseux, en forme de cristaux. Il est de couleur 7,5 YR 5/6 (Bring Brown), friable, non compact, non cimenté, sableux, de structure grenue et pauvre en matière organique. Le troisième horizon, d'une épaisseur de 22 cm est un encroûtement extrêmement gypseux et pauvre en calcaire. Il est de couleur 7,5 YR 6/4 (Dull Orange), ferme, peu compact, peu cimenté, sableux, de structure polyédrique et pauvre en matière organique. L'horizon au fond du profil, de profondeur qui dépasse 74 cm, est une croûte extrêmement gypseuse, pauvre en calcaire, riche en cristaux gypseux, de diamètre compris entre 3 à 5 mm. La croûte est de couleur variable, de 7,5 YR 6/6 (Orange) dans la partie supérieure de la croûte, et de 8/2 (Light Gray) en bas de la croûte. L'horizon est ferme, très compact, très cimenté, de structure massive et pauvre en matière organique.</p> <p>L'horizon superficiel présente quelques racines de palmiers dattiers, de diamètre fin à moyen, qui augmente en profondeur. Les racines sont très nombreuses dans le deuxième horizon par rapport aux autres horizons, et ils sont enrobés de cristaux gypseux, de diamètre fin à grossier. La densité racinaire diminue dans l'encroûtement gypseux, de diamètre fin et moyen, avec quelques racines pourries et mortes. Il y a peu de racines, de diamètre fin dans la croûte très compacte. Les racines présentent des tâches de pourriture.</p>
<p>REC6 (S1A1P4 et 5)</p>	<p>Les profils présentent trois horizons sablo-limoneux, extrêmement gypseux. Le premier horizon, d'une épaisseur de 27 à 29 cm, est extrêmement gypseux, modérément calcaire, en forme amas. Il est de couleur variable, de 7,5 YR 5/4 (Dull Brown) à 5/6 (Bring Brown), friable, non compact, non cimenté, sablo-limoneux, de structure grenue avec une matière organique fraîche, moyennement abondante, sous forme de débris d'herbe et de palmiers. L'horizon médian, d'une épaisseur de 35 à 41 cm, est un encroûtement extrêmement gypseux, pauvre en calcaire. Il est pauvre en matière organique, de couleur 5/6 (Bring Brown), peu compacte, peu cimenté, sablo-limoneux, de structure polyédrique où le diamètre des fragments augmente avec la profondeur, compris entre 5 à 8 cm. Le dernier horizon, de profondeur variable, dépasse 64 à 68 cm, est une croûte extrêmement gypseuse, modérément calcaire avec des cristaux gypseux, de plus en plus abandon vers le fond du profil. La croûte est de couleur 7,5 YR 6/4 (Dull Orange), ferme à très ferme, compacte à très compacte, cimentée à très cimentée, sablo-limoneuse, de structure massive et pauvre en matière organique.</p> <p>La densité et le diamètre racinaire augmentent avec la profondeur dans l'horizon superficiel. Le diamètre varie de fin à grossier. L'encroûtement présente une densité racinaire élevée, particulièrement en bas de celui-ci, au contact de la croûte sous-jacente très compacte et comporte certaines racines mortes. Dans les premiers centimètres de la croûte les racines, de diamètre fin à grossier, sont déformées, aplaties et certaines sont pourries à cause de l'humidité élevée. Dans la partie basse de la croûte, plus cristalline et humide, les racines se font de plus en plus rares.</p>
<p>REC7 (S5P1, 2, 3, 4 et 5)</p>	<p>Les profils présentent trois horizons. L'horizon superficiel, d'une épaisseur de 29 à 44 cm, est pauvre en calcaire, peu gypseux à gypseux, en forme diffuse et de couleur variable, de 7,5YR 4/3, 4/4 (Brown), 4/6 à 5/6 (Strong Brown) et 7/2 (Pinkish gray). Il est friable à ferme, non à peu compact, non à peu cimenté,</p>

	<p>sableux à limono-sableux, de structure grenue et présente des débris organiques. L'horizon médian, d'une épaisseur de 28 à 59 cm, est un encroûtement gypseux à extrêmement gypseux, riche en cristaux gypseux, pauvre en calcaire et de couleur variable, de 7,5 YR 5/4, 4/4 (Brown) à 5/6 (Strong Brown) et 6/4 (Light Brown). Il est ferme, peu compact, peu cimenté, sablo-limoneux à limono-sableux, de structure polyédrique et pauvre en matière organique. L'horizon au fond du profil, de profondeur variable, dépasse 72 à 90 cm, est une croûte extrêmement gypseuse, non à peu calcaire et de couleur 7,5 YR 6/4 (Light Brown). Il est ferme à très ferme, compact à très compact, cimenté à très cimenté, de structure massive et pauvre en matière organique.</p> <p>L'horizon de surface présente de nombreuses racines de palmiers dattiers de différents diamètres. Les racines sont abondantes dans l'encroûtement gypseux et horizon médian. Leurs diamètres sont fins à grossiers et quelques racines présentent des zones pourries. La croûte gypseuse au fond du profil est très pauvre en racines, de diamètre fin à grossier. Elles sont concentrées dans le haut de l'horizon avec un certain nombre de racines pourries, de couleur noire.</p>
--	---

S1 : Station de l'université de Ouargla (demi-secteurs : A1, A2, B1 et B2), **S5** : Station de Mékhadma.

Annexe 6. Morphologies des profils d'accumulations réduites-croûtes (RC)

Profils (P)	Description de la morphologie édaphique et racinaire
RC1 (S1C1P1 et 2, 3, 4 et 5)	<p>Les profils sont constitués de trois horizons pauvres en calcaire. L'horizon superficiel, d'une épaisseur de 23 à 38 cm, est extrêmement gypseux en forme diffuse. Il est de couleur variable entre 7,5 YR 5/6 (Bright Brown) et 5/4 (Dull Brown). Il est ferme, peu compact, peu cimenté, sableux, de structure grenue et pauvre en matière organique. Le deuxième horizon, d'une épaisseur de 28 à 48 cm, est extrêmement gypseux, en forme d'amas dur et friable avec cristaux fins, de diamètre compris entre 1 à 2 mm. Il est de couleur variable de 7,5 YR 5/6 (Bright Brown) et 6/6 (Orange). Il est friable, non compact, non cimenté, sableux, de structure grenue et pauvre en matière organique. L'horizon au fond du profil, de profondeur variable, dépasse 60 à 77 cm, est une croûte extrêmement gypseuse, avec des cristaux moyens, de diamètre compris entre 2 à 6 mm. Il est de couleur variable de 7,5 YR 5/6 (Bright Brown), 7/4 (Dull Orange) et 6/6 (Orange) et 8/2 (Light Gray). La croûte est ferme, cimentée, compacte, sableuse à sablo-limoneuse, de structure massive et pauvre en matière organique.</p> <p>L'horizon superficiel est constitué de quelques racines de palmiers dattiers, de diamètre fin à grossier. La densité racinaire est élevée dans le deuxième horizon, riche en amas et cristaux gypseux. Ces derniers enrobent les racines de diamètre variable de fin à grossier. La croûte au fond du profil contient une faible densité racinaire qui diminue avec la profondeur. Ce sont de jeunes racines, fines à moyennes, enrobées de cristaux, avec des racines mortes et pourries, à cause de la compaction et de l'excès d'humidité en présence de nappes moyennement profondes. Certaines jeunes racines se développent à l'intérieur de racines mortes</p>

S1 : Station de l'université de Ouargla (demi-secteur C1)

Annexe 7. Etude analytique des profils d'accumulations réduites

Stations	Types	Profils	Profondeurs des horizons	pH _{e1:5}	C.E. _{e1:5} (dS/m)	CaCO ₃ (%)	CaSO ₄ (%)	H (%)	Da (g/cm ³)
Hassi Ben Abdallah	R1	HP2	0-42	7,09	1,93	3,19	2,65	6,73	1,38
			42-83	7,07	0,58	2,74	3,12	8,28	1,41
			> 83	7,04	0,38	2,41	3,01	8,15	1,40
		HP5	0-20	7,30	1,83	4,32	2,00	5,23	1,45
			20-80	7,17	0,62	3,34	2,51	6,05	1,41
			> 80	7,05	1,31	2,58	3,36	6,54	1,46
	R2	HP1	0-35	7,25	1,34	4,15	2,23	4,68	1,42
			35-63	7,28	0,56	4,76	1,85	7,07	1,35
			> 63	7,37	1,42	5,11	1,75	5,80	1,43
		HP3	0-20	7,10	2,04	4,43	2,08	8,89	1,40
			20-66	7,36	0,67	6,65	1,40	8,70	1,41
			> 66	7,29	1,37	5,71	1,67	8,72	1,44
		HP4	0-23	7,22	2,09	4,88	2,00	3,91	1,47
			23-63	7,34	0,53	6,62	1,59	7,24	1,49
			> 63	7,07	1,24	3,34	3,61	8,25	1,49
Université de Ouargla	R3	A1P1	0-30	7,39	2,83	10,35	21,51	5,59	1,36
			30-75	7,42	2,82	13,85	17,73	19,97	1,10
			> 75	7,85	2,99	25,78	5,77	10,35	1,36
	R4	A1P2	0-38	7,32	3,16	9,22	25,41	11,07	1,34
			38-60	7,39	2,42	10,96	22,76	13,89	1,20
			> 60	7,40	1,80	12,12	20,31	13,37	1,38
		A1P3	0-36	7,29	2,93	10,13	22,89	16,07	1,33
			36-64	7,34	2,41	11,89	23,03	24,12	1,18
			> 64	7,42	1,94	13,59	19,80	25,22	1,40
Ain El-Beïda	R5	AP1	0-46	7,14	2,99	1,15	5,16	20,28	1,44
			46-67	6,92	3,04	0,45	7,31	31,05	1,29
			> 67	6,85	3,31	0,03	16,42	28,49	1,49
		AP2	0-27	7,18	2,86	1,48	4,92	21,34	1,43
			27-69	6,92	3,07	0,24	11,22	30,11	1,38
			> 69	6,92	3,31	0,17	13,16	26,29	1,47
		AP3	0-26	7,07	3,06	1,37	4,63	16,47	1,45
			26-47	6,89	3,24	0,09	11,56	20,94	1,40
			> 47	6,88	3,32	0,22	11,86	27,33	1,48
	AP4	0-26	7,18	3,08	1,77	5,33	22,52	1,43	
		26-56	6,90	3,25	0,23	12,57	30,59	1,33	
		> 56	6,88	3,24	0,27	13,73	31,68	1,47	
	AP5	0-22	7,21	3,14	1,36	4,94	22,14	1,44	
		22-61	6,94	3,25	0,21	13,45	28,44	1,39	
		> 61	6,83	3,33	0,04	15,27	29,11	1,48	

Annexe 8. Etude analytique des profils d'accumulations réduites-encroûtements

Stations	Types	Profils	Profondeurs des horizons	pH _{e1:5}	C.E. _{e1:5} (dS/m)	CaCO ₃ (%)	CaSO ₄ (%)	H (%)	Da (g/cm ³)
Université de Ouargla	RE1	B1P3	0-29	7,50	6,35	10,47	18,08	10,83	1,38
			29-57	7,46	1,94	7,10	23,59	10,20	1,32
			> 57	7,88	1,88	31,10	3,45	9,16	1,38
		B1P4	0-20	7,44	4,07	11,32	15,07	4,23	1,36
			20-45	7,40	2,56	9,66	15,64	6,01	1,17
			> 45	7,57	1,60	20,30	5,30	12,25	1,49
Chott	RE2	CP1	0-44	7,15	2,66	1,97	7,27	22,41	1,44
			44-72	7,09	2,63	1,63	18,85	24,91	1,30
			> 72	7,00	3,54	1,10	35,81	27,48	1,46
		CP2	0-47	7,08	2,63	1,40	15,13	21,08	1,44
			47-76	7,01	3,19	1,11	24,17	24,49	1,33
			> 76	6,99	3,50	0,93	34,65	26,09	1,47
		CP3	0-38	7,04	2,74	1,44	14,13	21,19	1,43
			38-81	6,93	3,27	0,48	40,71	22,21	1,41
			> 81	6,94	3,34	0,43	43,70	25,12	1,47
		CP4	0-18	7,11	2,67	1,90	6,26	23,92	1,44
			18-77	7,10	3,09	1,32	22,19	31,65	1,39
			> 77	6,99	3,49	0,43	42,26	29,28	1,45
		CP5	0-22	7,21	2,70	2,11	9,77	22,46	1,37
			22-63	7,02	3,24	1,05	30,03	24,60	1,39
			> 63	6,98	3,42	1,02	29,67	22,41	1,47

Annexe 9. Etude analytique des profils d'accumulations réduites-encroûtements-croûtes

Stations	Types	Profils	Profondeurs des horizons	pH _{e1:5}	C.E. _{e1:5} (dS/m)	CaCO ₃ (%)	CaSO ₄ (%)	H (%)	Da (g/cm ³)	
Université de Ouargla	REC1	A2P2	0-29	7,32	3,55	13,77	18,72	4,81	1,34	
			29-61	7,21	3,31	11,55	32,19	14,37	1,12	
			61-90	7,21	3,39	8,95	45,48	17,57	1,43	
			> 90	7,23	3,44	9,25	42,88	19,01	1,52	
		A2P3	0-24	7,31	4,59	11,10	29,67	6,72	1,35	
			24-64	7,14	3,95	7,14	47,82	23,12	1,21	
			64-95	7,14	4,16	7,04	56,67	17,63	1,47	
			> 95	7,13	4,12	6,00	64,41	15,49	1,56	
		A2P4	0-24	7,37	3,61	12,85	29,14	10,64	1,35	
			24-55	7,47	3,50	17,53	20,88	16,44	1,27	
			55-88	7,29	3,52	10,71	35,12	16,71	1,45	
			> 88	7,15	3,00	10,28	36,41	18,21	1,55	
		A2P5	0-20	7,55	2,93	13,59	24,51	10,81	1,32	
			20-50	7,47	2,28	13,82	28,17	25,89	1,01	
			50-92	7,45	2,41	12,52	27,54	20,53	1,51	
			> 92	7,40	2,55	13,26	23,02	16,26	1,57	
	REC2	B2P1	0-31	7,20	3,21	13,15	17,98	4,77	1,48	
			31-55	6,79	2,05	5,25	23,12	8,67	1,27	
			55-98	6,93	2,21	5,50	23,65	9,13	1,63	
			> 98	7,55	2,58	24,88	6,17	10,89	1,52	
		B2P2	0-24	7,22	4,50	13,15	18,56	6,85	1,46	
			24-80	7,05	2,43	6,24	24,34	10,24	1,36	
			80-101	7,18	1,02	12,33	17,45	6,92	1,51	
		B2P4	> 101	7,61	0,90	23,47	6,26	5,61	1,43	
			0-25	6,75	2,80	8,13	19,62	10,46	1,50	
			25-61	6,72	2,66	6,65	21,71	14,49	1,22	
			61-87	6,83	3,04	7,30	22,39	9,65	1,60	
		REC3	B2P3	> 87	7,67	2,69	20,46	8,95	8,13	1,51
	0-38			7,39	3,75	17,59	18,86	7,66	1,46	
	38-66			7,08	2,23	8,00	39,64	13,37	1,15	
	B2P5		> 66	6,92	2,35	2,70	56,59	3,67	1,59	
			0-17	7,26	2,88	10,08	18,36	3,03	1,35	
	REC4	B1P1	17-61	7,08	2,46	7,84	27,90	6,48	1,22	
			> 61	6,98	2,24	3,59	41,72	4,71	1,63	
			0-24	7,38	6,33	16,05	22,83	11,61	1,38	
		B1P2	24-80	7,27	3,93	5,34	34,07	18,99	1,29	
			> 80	7,38	5,79	13,96	24,97	7,22	1,55	
			0-23	7,45	4,32	14,71	23,46	9,10	1,41	
		B1P5	23-54	7,35	3,48	10,69	28,49	13,04	1,32	
			> 54	7,33	3,47	12,76	25,17	8,40	1,53	
			0-29	7,42	2,37	15,98	21,92	6,03	1,39	
			29-53	7,47	2,72	16,69	21,44	10,70	1,10	
		REC5	A2P1	> 53	7,38	2,17	12,99	25,46	7,75	1,54
				0-24	7,27	5,18	10,72	35,95	5,01	1,37
24-52	7,01			4,00	1,78	50,56	16,24	1,07		

	REC6	A1P4	52-74	7,03	4,04	2,98	46,20	20,46	1,37		
			> 74	7,01	3,80	2,18	48,58	18,37	1,51		
			0-27	7,30	8,55	9,45	32,95	15,80	1,32		
		A1P5	27-68	7,14	5,17	3,68	56,78	26,98	1,09		
			> 68	7,20	4,19	6,52	41,40	20,54	1,46		
			0-29	7,19	7,77	5,57	52,22	17,06	1,42		
	Mékhadma	REC7	MP1	29-64	7,07	5,74	1,50	63,27	30,58	1,00	
				> 64	7,21	4,61	5,33	48,33	20,47	1,51	
				0-31	7,22	3,25	3,77	9,51	21,88	1,41	
			MP2	31-83	7,10	3,37	1,42	29,58	28,71	1,32	
				> 83	7,01	3,72	0,38	54,65	29,57	1,55	
				0-34	7,16	3,06	1,90	13,90	23,74	1,45	
MP3			34-78	7,06	3,22	1,07	36,39	31,82	1,32		
			> 78	7,03	3,69	0,34	54,59	28,68	1,51		
			0-29	7,15	3,18	2,61	20,31	27,44	1,46		
MP4			29-84	7,08	3,38	1,36	38,27	29,70	1,39		
			> 84	7,07	3,66	1,25	51,01	30,31	1,54		
			0-31	7,15	3,03	2,55	11,92	26,79	1,39		
MP5			31-90	7,07	3,36	1,48	34,75	37,12	1,33		
			> 90	7,06	3,76	1,04	54,05	45,73	1,51		
			0-44	7,19	3,05	2,64	15,53	26,34	1,45		
					44-72	7,11	3,22	1,63	23,48	40,49	1,32
					> 72	7,03	3,83	0,62	50,16	33,02	1,55

Annexe 10. Etude analytique des profils d'accumulations réduites-croûtes

Stations	Types	Profils	Profondeurs des horizons	pH _{e1:5}	C.E. _{e1:5} (dS/m)	CaCO ₃ (%)	CaSO ₄ (%)	H (%)	Da (g/cm ³)
Université de Ouargla	RC1	C1P1	0-38	7,02	3,39	2,32	48,83	6,78	1,41
			38-66	6,97	4,33	1,95	54,99	30,70	1,13
			> 66	6,97	4,69	1,92	55,89	20,77	1,50
		C1P2	0-32	7,17	3,27	3,55	44,79	13,41	1,43
			32-69	6,97	3,70	2,10	55,31	27,12	1,20
			> 69	6,94	4,24	1,76	64,92	26,08	1,52
		C1P3	0-23	7,09	3,88	2,93	35,76	6,43	1,34
			23-60	7,14	3,76	3,31	33,18	25,65	1,02
			> 60	6,99	4,35	2,00	53,01	19,35	1,54
		C1P4	0-38	7,05	4,69	2,67	43,92	14,79	1,38
			38-77	6,97	4,78	1,80	58,98	27,63	1,21
			> 77	7,06	4,63	2,98	45,17	23,31	1,55
		C1P5	0-28	7,02	4,90	2,47	47,78	10,37	1,41
			28-76	7,07	4,10	3,12	36,50	22,13	1,27
			> 76	7,19	3,85	3,85	32,24	22,37	1,50

Annexe 11. Les différents types et codes de profils d'enracinements du groupe A

Np	Niveaux d'obstacles hydro-mécaniques probables dans les profils																	
	a		b		c		d		e		f		g		h		i	
	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp
1	Aa1	1					Ad1	141					Ag1	281				
2	Aa2	2					Ad2	142					Ag2	282				
3	Aa3	3					Ad3	143					Ag3	283				
4	Aa4	4					Ad4	144					Ag4	284				
5	Aa5	5					Ad5	145					Ag5	285				
6	Aa6	6					Ad6	146					Ag6	286				
7	Aa7	7					Ad7	147					Ag7	287				
8	Aa8	8					Ad8	148					Ag8	288				
9	Aa9	9					Ad9	149					Ag9	289				
10	Aa10	10					Ad10	150					Ag10	290				
11	Aa11	11					Ad11	151					Ag11	291				
12	Aa12	12					Ad12	152					Ag12	292				
13	Aa13	13					Ad13	153					Ag13	293				
14	Aa14	14					Ad14	154					Ag14	294				
15	Aa15	15					Ad15	155					Ag15	295				
16	Aa16	16					Ad16	156					Ag16	296				
17	Aa17	17					Ad17	157					Ag17	297				
18	Aa18	18					Ad18	158					Ag18	298				
19	Aa19	19					Ad19	159					Ag19	299				
20	Aa20	20					Ad20	160					Ag20	300				
21	Aa21	21					Ad21	161					Ag21	301				
22	Aa22	22					Ad22	162					Ag22	302				
23	Aa23	23					Ad23	163					Ag23	303				
24	Aa24	24					Ad24	164					Ag24	304				
25	Aa25	25					Ad25	165					Ag25	305				
26	Aa26	26					Ad26	166					Ag26	306				

Annexes

27	Aa27	27					Ad27	167					Ag27	307				
28	Aa28	28					Ad28	168					Ag28	308				
29			Ab29	29	Ac29	85			Ae29	169	Af29	225			Ah29	309	Ai29	365
30			Ab30	30	Ac30	86			Ae30	170	Af30	226			Ah30	310	Ai30	366
31			Ab31	31	Ac31	87			Ae31	171	Af31	227			Ah31	311	Ai31	367
32			Ab32	32	Ac32	88			Ae32	172	Af32	228			Ah32	312	Ai32	368
33			Ab33	33	Ac33	89			Ae33	173	Af33	229			Ah33	313	Ai33	369
34			Ab34	34	Ac34	90			Ae34	174	Af34	230			Ah34	314	Ai34	370
35			Ab35	35	Ac35	91			Ae35	175	Af35	231			Ah35	315	Ai35	371
36			Ab36	36	Ac36	92			Ae36	176	Af36	232			Ah36	316	Ai36	372
37			Ab37	37	Ac37	93			Ae37	177	Af37	233			Ah37	317	Ai37	373
38			Ab38	38	Ac38	94			Ae38	178	Af38	234			Ah38	318	Ai38	374
39			Ab39	39	Ac39	95			Ae39	179	Af39	235			Ah39	319	Ai39	375
40			Ab40	40	Ac40	96			Ae40	180	Af40	236			Ah40	320	Ai40	376
41			Ab41	41	Ac41	97			Ae41	181	Af41	237			Ah41	321	Ai41	377
42			Ab42	42	Ac42	98			Ae42	182	Af42	238			Ah42	322	Ai42	378
43			Ab43	43	Ac43	99			Ae43	183	Af43	239			Ah43	323	Ai43	379
44			Ab44	44	Ac44	100			Ae44	184	Af44	240			Ah44	324	Ai44	380
45			Ab45	45	Ac45	101			Ae45	185	Af45	241			Ah45	325	Ai45	381
46			Ab46	46	Ac46	102			Ae46	186	Af46	242			Ah46	326	Ai46	382
47			Ab47	47	Ac47	103			Ae47	187	Af47	243			Ah47	327	Ai47	383
48			Ab48	48	Ac48	104			Ae48	188	Af48	244			Ah48	328	Ai48	384
49			Ab49	49	Ac49	105			Ae49	189	Af49	245			Ah49	329	Ai49	385
50			Ab50	50	Ac50	106			Ae50	190	Af50	246			Ah50	330	Ai50	386
51			Ab51	51	Ac51	107			Ae51	191	Af51	247			Ah51	331	Ai51	387
52			Ab52	52	Ac52	108			Ae52	192	Af52	248			Ah52	332	Ai52	388
53			Ab53	53	Ac53	109			Ae53	193	Af53	249			Ah53	333	Ai53	389
54			Ab54	54	Ac54	110			Ae54	194	Af54	250			Ah54	334	Ai54	390
55			Ab55	55	Ac55	111			Ae55	195	Af55	251			Ah55	335	Ai55	391

Annexes

56			Ab56	56	Ac56	112			Ae56	196	Af56	252			Ah56	336	Ai56	392
57			Ab57	57	Ac57	113			Ae57	197	Af57	253			Ah57	337	Ai57	393
58			Ab58	58	Ac58	114			Ae58	198	Af58	254			Ah58	338	Ai58	394
59			Ab59	59	Ac59	115			Ae59	199	Af59	255			Ah59	339	Ai59	395
60			Ab60	60	Ac60	116			Ae60	200	Af60	256			Ah60	340	Ai60	396
61			Ab61	61	Ac61	117			Ae61	201	Af61	257			Ah61	341	Ai61	397
62			Ab62	62	Ac62	118			Ae62	202	Af62	258			Ah62	342	Ai62	398
63			Ab63	63	Ac63	119			Ae63	203	Af63	259			Ah63	343	Ai63	399
64			Ab64	64	Ac64	120			Ae64	204	Af64	260			Ah64	344	Ai64	400
65			Ab65	65	Ac65	121			Ae65	205	Af65	261			Ah65	345	Ai65	401
66			Ab66	66	Ac66	122			Ae66	206	Af66	262			Ah66	346	Ai66	402
67			Ab67	67	Ac67	123			Ae67	207	Af67	263			Ah67	347	Ai67	403
68			Ab68	68	Ac68	124			Ae68	208	Af68	264			Ah68	348	Ai68	404
69			Ab69	69	Ac69	125			Ae69	209	Af69	265			Ah69	349	Ai69	405
70			Ab70	70	Ac70	126			Ae70	210	Af70	266			Ah70	350	Ai70	406
71			Ab71	71	Ac71	127			Ae71	211	Af71	267			Ah71	351	Ai71	407
72			Ab72	72	Ac72	128			Ae72	212	Af72	268			Ah72	352	Ai72	408
73			Ab73	73	Ac73	129			Ae73	213	Af73	269			Ah73	353	Ai73	409
74			Ab74	74	Ac74	130			Ae74	214	Af74	270			Ah74	354	Ai74	410
75			Ab75	75	Ac75	131			Ae75	215	Af75	271			Ah75	355	Ai75	411
76			Ab76	76	Ac76	132			Ae76	216	Af76	272			Ah76	356	Ai76	412
77			Ab77	77	Ac77	133			Ae77	217	Af77	273			Ah77	357	Ai77	413
78			Ab78	78	Ac78	134			Ae78	218	Af78	274			Ah78	358	Ai78	414
79			Ab79	79	Ac79	135			Ae79	219	Af79	275			Ah79	359	Ai79	415
80			Ab80	80	Ac80	136			Ae80	220	Af80	276			Ah80	360	Ai80	416
81			Ab81	81	Ac81	137			Ae81	221	Af81	277			Ah81	361	Ai81	417
82			Ab82	82	Ac82	138			Ae82	222	Af82	278			Ah82	362	Ai82	418
83			Ab83	83	Ac83	139			Ae83	223	Af83	279			Ah83	363	Ai83	419
84			Ab84	84	Ac84	140			Ae84	224	Af84	280			Ah84	364	Ai84	420

Np : natures des accumulations dans les profils, **Tp** : types de profils d'enracinements et **Cp** : codes de profils d'enracinements.

Annexe 12. Les différents types et codes de profils d'enracinements du groupe B

Np	Niveaux d'obstacles hydro-mécaniques probables dans les profils																	
	a		b		c		d		e		f		g		h		i	
	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp
1	Ba1	421					Bd1	561					Bg1	701				
2	Ba2	422					Bd2	562					Bg2	702				
3	Ba3	423					Bd3	563					Bg3	703				
4	Ba4	424					Bd4	564					Bg4	704				
5	Ba5	425					Bd5	565					Bg5	705				
6	Ba6	426					Bd6	566					Bg6	706				
7	Ba7	427					Bd7	567					Bg7	707				
8	Ba8	428					Bd8	568					Bg8	708				
9	Ba9	429					Bd9	569					Bg9	709				
10	Ba10	430					Bd10	570					Bg10	710				
11	Ba11	431					Bd11	571					Bg11	711				
12	Ba12	432					Bd12	572					Bg12	712				
13	Ba13	433					Bd13	573					Bg13	713				
14	Ba14	434					Bd14	574					Bg14	714				
15	Ba15	435					Bd15	575					Bg15	715				
16	Ba16	436					Bd16	576					Bg16	716				
17	Ba17	437					Bd17	577					Bg17	717				
18	Ba18	438					Bd18	578					Bg18	718				
19	Ba19	439					Bd19	579					Bg19	719				
20	Ba20	440					Bd20	580					Bg20	720				
21	Ba21	441					Bd21	581					Bg21	721				
22	Ba22	442					Bd22	582					Bg22	722				
23	Ba23	443					Bd23	583					Bg23	723				
24	Ba24	444					Bd24	584					Bg24	724				
25	Ba25	445					Bd25	585					Bg25	725				
26	Ba26	446					Bd26	586					Bg26	726				

Annexes

27	Ba27	447					Bd27	587					Bg27	727				
28	Ba28	448					Bd28	588					Bg28	728				
29			Bb29	449	Bc29	505			Be29	589	Bf29	645			Bh29	729	Bi29	785
30			Bb30	450	Bc30	506			Be30	590	Bf30	646			Bh30	730	Bi30	786
31			Bb31	451	Bc31	507			Be31	591	Bf31	647			Bh31	731	Bi31	787
32			Bb32	452	Bc32	508			Be32	592	Bf32	648			Bh32	732	Bi32	788
33			Bb33	453	Bc33	509			Be33	593	Bf33	649			Bh33	733	Bi33	789
34			Bb34	454	Bc34	510			Be34	594	Bf34	650			Bh34	734	Bi34	790
35			Bb35	455	Bc35	511			Be35	595	Bf35	651			Bh35	735	Bi35	791
36			Bb36	456	Bc36	512			Be36	596	Bf36	652			Bh36	736	Bi36	792
37			Bb37	457	Bc37	513			Be37	597	Bf37	653			Bh37	737	Bi37	793
38			Bb38	458	Bc38	514			Be38	598	Bf38	654			Bh38	738	Bi38	794
39			Bb39	459	Bc39	515			Be39	599	Bf39	655			Bh39	739	Bi39	795
40			Bb40	460	Bc40	516			Be40	600	Bf40	656			Bh40	740	Bi40	796
41			Bb41	461	Bc41	517			Be41	601	Bf41	657			Bh41	741	Bi41	797
42			Bb42	462	Bc42	518			Be42	602	Bf42	658			Bh42	742	Bi42	798
43			Bb43	463	Bc43	519			Be43	603	Bf43	659			Bh43	743	Bi43	799
44			Bb44	464	Bc44	520			Be44	604	Bf44	660			Bh44	744	Bi44	800
45			Bb45	465	Bc45	521			Be45	605	Bf45	661			Bh45	745	Bi45	801
46			Bb46	466	Bc46	522			Be46	606	Bf46	662			Bh46	746	Bi46	802
47			Bb47	467	Bc47	523			Be47	607	Bf47	663			Bh47	747	Bi47	803
48			Bb48	468	Bc48	524			Be48	608	Bf48	664			Bh48	748	Bi48	804
49			Bb49	469	Bc49	525			Be49	609	Bf49	665			Bh49	749	Bi49	805
50			Bb50	470	Bc50	526			Be50	610	Bf50	666			Bh50	750	Bi50	806
51			Bb51	471	Bc51	527			Be51	611	Bf51	667			Bh51	751	Bi51	807
52			Bb52	472	Bc52	528			Be52	612	Bf52	668			Bh52	752	Bi52	808
53			Bb53	473	Bc53	529			Be53	613	Bf53	669			Bh53	753	Bi53	809
54			Bb54	474	Bc54	530			Be54	614	Bf54	670			Bh54	754	Bi54	810
55			Bb55	475	Bc55	531			Be55	615	Bf55	671			Bh55	755	Bi55	811

Annexes

56			Bb56	476	Bc56	532			Be56	616	Bf56	672			Bh56	756	Bi56	812
57			Bb57	477	Bc57	533			Be57	617	Bf57	673			Bh57	757	Bi57	813
58			Bb58	478	Bc58	534			Be58	618	Bf58	674			Bh58	758	Bi58	814
59			Bb59	479	Bc59	535			Be59	619	Bf59	675			Bh59	759	Bi59	815
60			Bb60	480	Bc60	536			Be60	620	Bf60	676			Bh60	760	Bi60	816
61			Bb61	481	Bc61	537			Be61	621	Bf61	677			Bh61	761	Bi61	817
62			Bb62	482	Bc62	538			Be62	622	Bf62	678			Bh62	762	Bi62	818
63			Bb63	483	Bc63	539			Be63	623	Bf63	679			Bh63	763	Bi63	819
64			Bb64	484	Bc64	540			Be64	624	Bf64	680			Bh64	764	Bi64	820
65			Bb65	485	Bc65	541			Be65	625	Bf65	681			Bh65	765	Bi65	821
66			Bb66	486	Bc66	542			Be66	626	Bf66	682			Bh66	766	Bi66	822
67			Bb67	487	Bc67	543			Be67	627	Bf67	683			Bh67	767	Bi67	823
68			Bb68	488	Bc68	544			Be68	628	Bf68	684			Bh68	768	Bi68	824
69			Bb69	489	Bc69	545			Be69	629	Bf69	685			Bh69	769	Bi69	825
70			Bb70	490	Bc70	546			Be70	630	Bf70	686			Bh70	770	Bi70	826
71			Bb71	491	Bc71	547			Be71	631	Bf71	687			Bh71	771	Bi71	827
72			Bb72	492	Bc72	548			Be72	632	Bf72	688			Bh72	772	Bi72	828
73			Bb73	493	Bc73	549			Be73	633	Bf73	689			Bh73	773	Bi73	829
74			Bb74	494	Bc74	550			Be74	634	Bf74	690			Bh74	774	Bi74	830
75			Bb75	495	Bc75	551			Be75	635	Bf75	691			Bh75	775	Bi75	831
76			Bb76	496	Bc76	552			Be76	636	Bf76	692			Bh76	776	Bi76	832
77			Bb77	497	Bc77	553			Be77	637	Bf77	693			Bh77	777	Bi77	833
78			Bb78	498	Bc78	554			Be78	638	Bf78	694			Bh78	778	Bi78	834
79			Bb79	499	Bc79	555			Be79	639	Bf79	695			Bh79	779	Bi79	835
80			Bb80	500	Bc80	556			Be80	640	Bf80	696			Bh80	780	Bi80	836
81			Bb81	501	Bc81	557			Be81	641	Bf81	697			Bh81	781	Bi81	837
82			Bb82	502	Bc82	558			Be82	642	Bf82	698			Bh82	782	Bi82	838
83			Bb83	503	Bc83	559			Be83	643	Bf83	699			Bh83	783	Bi83	839
84			Bb84	504	Bc84	560			Be84	644	Bf84	700			Bh84	784	Bi84	840

Np : natures des accumulations dans les profils, **Tp** : types de profils d'enracinements et **Cp** : codes de profils d'enracinements.

Annexe 13. Les différents types et codes de profils d'enracinements du groupe C

Np	Niveaux d'obstacles hydro-mécaniques probables dans les profils																	
	a		b		c		d		e		f		g		h		i	
	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp	Tp	Cp
1	Ca1	841					Cd1	981					Cg1	1121				
2	Ca2	842					Cd2	982					Cg2	1122				
3	Ca3	843					Cd3	983					Cg3	1123				
4	Ca4	844					Cd4	984					Cg4	1124				
5	Ca5	845					Cd5	985					Cg5	1125				
6	Ca6	846					Cd6	986					Cg6	1126				
7	Ca7	847					Cd7	987					Cg7	1127				
8	Ca8	848					Cd8	988					Cg8	1128				
9	Ca9	849					Cd9	989					Cg9	1129				
10	Ca10	850					Cd10	990					Cg10	1130				
11	Ca11	851					Cd11	991					Cg11	1131				
12	Ca12	852					Cd12	992					Cg12	1132				
13	Ca13	853					Cd13	993					Cg13	1133				
14	Ca14	854					Cd14	994					Cg14	1134				
15	Ca15	855					Cd15	995					Cg15	1135				
16	Ca16	856					Cd16	996					Cg16	1136				
17	Ca17	857					Cd17	997					Cg17	1137				
18	Ca18	858					Cd18	998					Cg18	1138				
19	Ca19	859					Cd19	999					Cg19	1139				
20	Ca20	860					Cd20	1000					Cg20	1140				
21	Ca21	861					Cd21	1001					Cg21	1141				
22	Ca22	862					Cd22	1002					Cg22	1142				
23	Ca23	863					Cd23	1003					Cg23	1143				
24	Ca24	864					Cd24	1004					Cg24	1144				
25	Ca25	865					Cd25	1005					Cg25	1145				
26	Ca26	866					Cd26	1006					Cg26	1146				

Annexes

27	Ca27	867					Cd27	1007					Cg27	1147				
28	Ca28	868					Cd28	1008					Cg28	1148				
29			Cb29	869	Cc29	925			Ce29	1009	Cf29	1065			Ch29	1149	Ci29	1205
30			Cb30	870	Cc30	926			Ce30	1010	Cf30	1066			Ch30	1150	Ci30	1206
31			Cb31	871	Cc31	927			Ce31	1011	Cf31	1067			Ch31	1151	Ci31	1207
32			Cb32	872	Cc32	928			Ce32	1012	Cf32	1068			Ch32	1152	Ci32	1208
33			Cb33	873	Cc33	929			Ce33	1013	Cf33	1069			Ch33	1153	Ci33	1209
34			Cb34	874	Cc34	930			Ce34	1014	Cf34	1070			Ch34	1154	Ci34	1210
35			Cb35	875	Cc35	931			Ce35	1015	Cf35	1071			Ch35	1155	Ci35	1211
36			Cb36	876	Cc36	932			Ce36	1016	Cf36	1072			Ch36	1156	Ci36	1212
37			Cb37	877	Cc37	933			Ce37	1017	Cf37	1073			Ch37	1157	Ci37	1213
38			Cb38	878	Cc38	934			Ce38	1018	Cf38	1074			Ch38	1158	Ci38	1214
39			Cb39	879	Cc39	935			Ce39	1019	Cf39	1075			Ch39	1159	Ci39	1215
40			Cb40	880	Cc40	936			Ce40	1020	Cf40	1076			Ch40	1160	Ci40	1216
41			Cb41	881	Cc41	937			Ce41	1021	Cf41	1077			Ch41	1161	Ci41	1217
42			Cb42	882	Cc42	938			Ce42	1022	Cf42	1078			Ch42	1162	Ci42	1218
43			Cb43	883	Cc43	939			Ce43	1023	Cf43	1079			Ch43	1163	Ci43	1219
44			Cb44	884	Cc44	940			Ce44	1024	Cf44	1080			Ch44	1164	Ci44	1220
45			Cb45	885	Cc45	941			Ce45	1025	Cf45	1081			Ch45	1165	Ci45	1221
46			Cb46	886	Cc46	942			Ce46	1026	Cf46	1082			Ch46	1166	Ci46	1222
47			Cb47	887	Cc47	943			Ce47	1027	Cf47	1083			Ch47	1167	Ci47	1223
48			Cb48	888	Cc48	944			Ce48	1028	Cf48	1084			Ch48	1168	Ci48	1224
49			Cb49	889	Cc49	945			Ce49	1029	Cf49	1085			Ch49	1169	Ci49	1225
50			Cb50	890	Cc50	946			Ce50	1030	Cf50	1086			Ch50	1170	Ci50	1226
51			Cb51	891	Cc51	947			Ce51	1031	Cf51	1087			Ch51	1171	Ci51	1227
52			Cb52	892	Cc52	948			Ce52	1032	Cf52	1088			Ch52	1172	Ci52	1228
53			Cb53	893	Cc53	949			Ce53	1033	Cf53	1089			Ch53	1173	Ci53	1229
54			Cb54	894	Cc54	950			Ce54	1034	Cf54	1090			Ch54	1174	Ci54	1230
55			Cb55	895	Cc55	951			Ce55	1035	Cf55	1091			Ch55	1175	Ci55	1231

Annexes

56			Cb56	896	Cc56	952			Ce56	1036	Cf56	1092			Ch56	1176	Ci56	1232
57			Cb57	897	Cc57	953			Ce57	1037	Cf57	1093			Ch57	1177	Ci57	1233
58			Cb58	898	Cc58	954			Ce58	1038	Cf58	1094			Ch58	1178	Ci58	1234
59			Cb59	899	Cc59	955			Ce59	1039	Cf59	1095			Ch59	1179	Ci59	1235
60			Cb60	900	Cc60	956			Ce60	1040	Cf60	1096			Ch60	1180	Ci60	1236
61			Cb61	901	Cc61	957			Ce61	1041	Cf61	1097			Ch61	1181	Ci61	1237
62			Cb62	902	Cc62	958			Ce62	1042	Cf62	1098			Ch62	1182	Ci62	1238
63			Cb63	903	Cc63	959			Ce63	1043	Cf63	1099			Ch63	1183	Ci63	1239
64			Cb64	904	Cc64	960			Ce64	1044	Cf64	1100			Ch64	1184	Ci64	1240
65			Cb65	905	Cc65	961			Ce65	1045	Cf65	1101			Ch65	1185	Ci65	1241
66			Cb66	906	Cc66	962			Ce66	1046	Cf66	1102			Ch66	1186	Ci66	1242
67			Cb67	907	Cc67	963			Ce67	1047	Cf67	1103			Ch67	1187	Ci67	1243
68			Cb68	908	Cc68	964			Ce68	1048	Cf68	1104			Ch68	1188	Ci68	1244
69			Cb69	909	Cc69	965			Ce69	1049	Cf69	1105			Ch69	1189	Ci69	1245
70			Cb70	910	Cc70	966			Ce70	1050	Cf70	1106			Ch70	1190	Ci70	1246
71			Cb71	911	Cc71	967			Ce71	1051	Cf71	1107			Ch71	1191	Ci71	1247
72			Cb72	912	Cc72	968			Ce72	1052	Cf72	1108			Ch72	1192	Ci72	1248
73			Cb73	913	Cc73	969			Ce73	1053	Cf73	1109			Ch73	1193	Ci73	1249
74			Cb74	914	Cc74	970			Ce74	1054	Cf74	1110			Ch74	1194	Ci74	1250
75			Cb75	915	Cc75	971			Ce75	1055	Cf75	1111			Ch75	1195	Ci75	1251
76			Cb76	916	Cc76	972			Ce76	1056	Cf76	1112			Ch76	1196	Ci76	1252
77			Cb77	917	Cc77	973			Ce77	1057	Cf77	1113			Ch77	1197	Ci77	1253
78			Cb78	918	Cc78	974			Ce78	1058	Cf78	1114			Ch78	1198	Ci78	1254
79			Cb79	919	Cc79	975			Ce79	1059	Cf79	1115			Ch79	1199	Ci79	1255
80			Cb80	920	Cc80	976			Ce80	1060	Cf80	1116			Ch80	1200	Ci80	1256
81			Cb81	921	Cc81	977			Ce81	1061	Cf81	1117			Ch81	1201	Ci81	1257
82			Cb82	922	Cc82	978			Ce82	1062	Cf82	1118			Ch82	1202	Ci82	1258
83			Cb83	923	Cc83	979			Ce83	1063	Cf83	1119			Ch83	1203	Ci83	1259
84			Cb84	924	Cc84	980			Ce84	1064	Cf84	1120			Ch84	1204	Ci84	1260

Np : natures des accumulations dans les profils, **Tp** : types de profils d'enracinements et **Cp** : codes de profils d'enracinements.

Annexe 14. Caractéristiques des types de profils d'enracinements dans le groupe A

Codes	Types	Caractéristiques des profils
1	Aa1	Profils pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et peu solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds
2	Aa2	Profils salés et pauvres en éléments grossiers et en sels peu solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds
3	Aa3	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite
4	Aa4	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond, avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite
5	Aa5	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
6	Aa6	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
7	Aa7	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite
8	Aa8	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite
9	Aa9	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles et peu solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds
10	Aa10	Profils salés, riches en éléments grossiers et pauvres en sels peu solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds
11	Aa11	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite
12	Aa12	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite
13	Aa13	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
14	Aa14	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
15	Aa15	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite
16	Aa16	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite
17	Aa17	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement

18	Aa18	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
19	Aa19	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
20	Aa20	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
21	Aa21	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
22	Aa22	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
23	Aa23	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
24	Aa24	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
25	Aa25	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
26	Aa26	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
27	Aa27	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
28	Aa28	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
29	Ab29	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
30	Ab30	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
31	Ab31	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
32	Ab32	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
33	Ab33	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
34	Ab34	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique

		profonde et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
35	Ab35	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
36	Ab36	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
37	Ab37	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
38	Ab38	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
39	Ab39	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
40	Ab40	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
41	Ab41	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
42	Ab42	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
43	Ab43	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
44	Ab44	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
45	Ab45	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
46	Ab46	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
47	Ab47	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
48	Ab48	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
49	Ab49	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
50	Ab50	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte

51	Ab51	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
52	Ab52	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
53	Ab53	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
54	Ab54	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
55	Ab55	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
56	Ab56	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
57	Ab57	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
58	Ab58	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires sous forme réduite-encroûtement-dalle
59	Ab59	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
60	Ab60	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
61	Ab61	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
62	Ab62	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
63	Ab63	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
64	Ab64	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
65	Ab65	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle

66	Ab66	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
67	Ab67	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
68	Ab68	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
69	Ab69	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
70	Ab70	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
71	Ab71	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
72	Ab72	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
73	Ab73	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
74	Ab74	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
75	Ab75	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
76	Ab76	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
77	Ab77	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
78	Ab78	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
79	Ab79	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
80	Ab80	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
81	Ab81	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
82	Ab82	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
83	Ab83	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe

		phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
84	Ab84	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
85	Ac29	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
86	Ac30	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
87	Ac31	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
88	Ac32	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
89	Ac33	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
90	Ac34	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
91	Ac35	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
92	Ac36	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
93	Ac37	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
94	Ac38	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
95	Ac39	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
96	Ac40	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
97	Ac41	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
98	Ac42	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
99	Ac43	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
100	Ac44	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte

101	Ac45	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
102	Ac46	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
103	Ac47	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
104	Ac48	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
105	Ac49	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
106	Ac50	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
107	Ac51	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
108	Ac52	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
109	Ac53	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
110	Ac54	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
111	Ac55	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
112	Ac56	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
113	Ac57	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
114	Ac58	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
115	Ac59	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
116	Ac60	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
117	Ac61	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
118	Ac62	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle

119	Ac63	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
120	Ac64	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
121	Ac65	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
122	Ac66	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
123	Ac67	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
124	Ac68	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
125	Ac69	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
126	Ac70	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
127	Ac71	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
128	Ac72	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
129	Ac73	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
130	Ac74	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
131	Ac75	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
132	Ac76	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
133	Ac77	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
134	Ac78	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
135	Ac79	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle

136	Ac80	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
137	Ac81	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
138	Ac82	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
139	Ac83	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
140	Ac84	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
141	Ad1	Profils pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et peu solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond
142	Ad2	Profils salés et pauvres en éléments grossiers et en sels peu solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond
143	Ad3	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
144	Ad4	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
145	Ad5	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
146	Ad6	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
147	Ad7	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
148	Ad8	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
149	Ad9	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles et peu solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond
150	Ad10	Profils salés, riches en éléments grossiers et pauvres en sels peu solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond
151	Ad11	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
152	Ad12	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
153	Ad13	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite

154	Ad14	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
155	Ad15	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
156	Ad16	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
157	Ad17	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
158	Ad18	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
159	Ad19	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
160	Ad20	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
161	Ad21	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
162	Ad22	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
163	Ad23	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
164	Ad24	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
165	Ad25	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
166	Ad26	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
167	Ad27	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
168	Ad28	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
169	Ae29	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
170	Ae30	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte

171	Ae31	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
172	Ae32	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
173	Ae33	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
174	Ae34	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
175	Ae35	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
176	Ae36	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
177	Ae37	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
178	Ae38	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
179	Ae39	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
180	Ae40	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
181	Ae41	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
182	Ae42	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
183	Ae43	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
184	Ae44	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
185	Ae45	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
186	Ae46	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
187	Ae47	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
188	Ae48	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte

189	Ae49	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
190	Ae50	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
191	Ae51	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
192	Ae52	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
193	Ae53	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
194	Ae54	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
195	Ae55	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
196	Ae56	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
197	Ae57	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
198	Ae58	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
199	Ae59	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
200	Ae60	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
201	Ae61	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
202	Ae62	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
203	Ae63	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
204	Ae64	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
205	Ae65	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
206	Ae66	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un

		obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
207	Ae67	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
208	Ae68	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
209	Ae69	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
210	Ae70	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
211	Ae71	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
212	Ae72	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
213	Ae73	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
214	Ae74	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
215	Ae75	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
216	Ae76	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
217	Ae77	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
218	Ae78	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
219	Ae79	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
220	Ae80	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
221	Ae81	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
222	Ae82	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
223	Ae83	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle

224	Ae84	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
225	Af29	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
226	Af30	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires sous forme réduite-encroûtement-croûte
227	Af31	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires sous forme réduite-encroûtement-croûte
228	Af32	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
229	Af33	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
230	Af34	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux sous forme réduite-encroûtement-croûte
231	Af35	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
232	Af36	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
233	Af37	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
234	Af38	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
235	Af39	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
236	Af40	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
237	Af41	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
238	Af42	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte

239	Af43	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
240	Af44	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
241	Af45	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
242	Af46	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
243	Af47	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
244	Af48	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
245	Af49	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
246	Af50	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
247	Af51	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
248	Af52	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
249	Af53	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
250	Af54	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
251	Af55	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
252	Af56	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
253	Af57	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
254	Af58	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
255	Af59	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe

		phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
256	Af60	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
257	Af61	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
258	Af62	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
259	Af63	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
260	Af64	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
261	Af65	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
262	Af66	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
263	Af67	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
264	Af68	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
265	Af69	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
266	Af70	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
267	Af71	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
268	Af72	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
269	Af73	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe

		phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
270	Af74	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
271	Af75	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
272	Af76	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
273	Af77	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
274	Af78	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
275	Af79	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
276	Af80	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
277	Af81	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
278	Af82	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
279	Af83	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
280	Af84	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
281	Ag1	Profils pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et peu solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond
282	Ag2	Profils salés et pauvres en éléments grossiers et en sels peu solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond
283	Ag3	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
284	Ag4	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
285	Ag5	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
286	Ag6	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite

287	Ag7	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
288	Ag8	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
289	Ag9	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles et peu solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond
290	Ag10	Profils salés, riches en éléments grossiers et pauvres en sels peu solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond
291	Ag11	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
292	Ag12	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
293	Ag13	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
294	Ag14	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
295	Ag15	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux sous forme réduite
296	Ag16	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
297	Ag17	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires sous forme réduite-encroûtement
298	Ag18	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
299	Ag19	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
300	Ag20	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
301	Ag21	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
302	Ag22	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
303	Ag23	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
304	Ag24	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement

305	Ag25	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
306	Ag26	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
307	Ag27	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
308	Ag28	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
309	Ah29	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
310	Ah30	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
311	Ah31	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
312	Ah32	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
313	Ah33	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
314	Ah34	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
315	Ah35	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
316	Ah36	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
317	Ah37	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
318	Ah38	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
319	Ah39	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte

320	Ah40	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
321	Ah41	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
322	Ah42	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
323	Ah43	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
324	Ah44	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
325	Ah45	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
326	Ah46	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
327	Ah47	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
328	Ah48	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
329	Ah49	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
330	Ah50	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
331	Ah51	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
332	Ah52	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
333	Ah53	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
334	Ah54	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
335	Ah55	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
336	Ah56	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle

337	Ah57	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
338	Ah58	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
339	Ah59	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
340	Ah60	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
341	Ah61	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
342	Ah62	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
343	Ah63	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
344	Ah64	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
345	Ah65	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
346	Ah66	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
347	Ah67	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
348	Ah68	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
349	Ah69	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
350	Ah70	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle

351	Ah71	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
352	Ah72	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
353	Ah73	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
354	Ah74	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
355	Ah75	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
356	Ah76	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
357	Ah77	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
358	Ah78	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
359	Ah79	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
360	Ah80	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
361	Ah81	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
362	Ah82	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
363	Ah83	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
364	Ah84	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
365	Ai29	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
366	Ai30	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
367	Ai31	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte

368	Ai32	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
369	Ai33	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
370	Ai34	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
371	Ai35	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
372	Ai36	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
373	Ai37	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
374	Ai38	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
375	Ai39	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
376	Ai40	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
377	Ai41	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
378	Ai42	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
379	Ai43	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
380	Ai44	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
381	Ai45	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
382	Ai46	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
383	Ai47	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
384	Ai48	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
385	Ai49	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte

386	Ai50	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
387	Ai51	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
388	Ai52	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
389	Ai53	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
390	Ai54	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
391	Ai55	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
392	Ai56	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
393	Ai57	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
394	Ai58	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires sous forme réduite-encroûtement-dalle
395	Ai59	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
396	Ai60	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
397	Ai61	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
398	Ai62	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
399	Ai63	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
400	Ai64	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
401	Ai65	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
402	Ai66	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
403	Ai67	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle

404	Ai68	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
405	Ai69	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
406	Ai70	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
407	Ai71	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
408	Ai72	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
409	Ai73	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
410	Ai74	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
411	Ai75	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
412	Ai76	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
413	Ai77	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
414	Ai78	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
415	Ai79	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
416	Ai80	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
417	Ai81	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
418	Ai82	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
419	Ai83	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
420	Ai84	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle

Annexe 15. Caractéristiques des types de profils d'enracinement dans le groupe B

Codes	Types	Caractéristiques des profils
421	Ba1	Profils pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et peu solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds
422	Ba2	Profils salés et pauvres en éléments grossiers et en sels peu solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds
423	Ba3	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires sous forme réduite
424	Ba4	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires sous forme réduite
425	Ba5	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
426	Ba6	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
427	Ba7	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite
428	Ba8	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite
429	Ba9	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles et peu solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds
430	Ba10	Profils salés, riches en éléments grossiers et pauvres en sels peu solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds
431	Ba11	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite
432	Ba12	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite
433	Ba13	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
434	Ba14	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
435	Ba15	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite
436	Ba16	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite
437	Ba17	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement

438	Ba18	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
439	Ba19	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
440	Ba20	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
441	Ba21	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
442	Ba22	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
443	Ba23	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
444	Ba24	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
445	Ba25	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
446	Ba26	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
447	Ba27	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
448	Ba28	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
449	Bb29	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
450	Bb30	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
451	Bb31	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
452	Bb32	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
453	Bb33	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-

		encroûtement-croûte
454	Bb34	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
455	Bb35	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
456	Bb36	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
457	Bb37	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
458	Bb38	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
459	Bb39	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
460	Bb40	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
461	Bb41	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
462	Bb42	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
463	Bb43	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
464	Bb44	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
465	Bb45	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
466	Bb46	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
467	Bb47	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-

		croûte
468	Bb48	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
469	Bb49	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
470	Bb50	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
471	Bb51	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
472	Bb52	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
473	Bb53	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
474	Bb54	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
475	Bb55	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
476	Bb56	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
477	Bb57	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
478	Bb58	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
479	Bb59	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
480	Bb60	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
481	Bb61	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une

		nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
482	Bb62	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
483	Bb63	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
484	Bb64	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
485	Bb65	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
486	Bb66	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
487	Bb67	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
488	Bb68	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
489	Bb69	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
490	Bb70	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
491	Bb71	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
492	Bb72	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
493	Bb73	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
494	Bb74	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe

		phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
495	Bb75	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
496	Bb76	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
497	Bb77	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
498	Bb78	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
499	Bb79	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
500	Bb80	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
501	Bb81	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
502	Bb82	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
503	Bb83	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
504	Bb84	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
505	Bc29	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
506	Bc30	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
507	Bc31	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
508	Bc32	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
509	Bc33	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux sous forme, réduite-encroûtement-croûte
510	Bc34	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe

		phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
511	Bc35	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
512	Bc36	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
513	Bc37	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
514	Bc38	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
515	Bc39	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
516	Bc40	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
517	Bc41	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
518	Bc42	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
519	Bc43	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
520	Bc44	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
521	Bc45	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
522	Bc46	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
523	Bc47	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
524	Bc48	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
525	Bc49	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
526	Bc50	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte

527	Bc51	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
528	Bc52	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
529	Bc53	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
530	Bc54	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
531	Bc55	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
532	Bc56	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
533	Bc57	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
534	Bc58	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
535	Bc59	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
536	Bc60	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
537	Bc61	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
538	Bc62	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
539	Bc63	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
540	Bc64	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
541	Bc65	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-

		croûte-dalle
542	Bc66	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
543	Bc67	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
544	Bc68	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
545	Bc69	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
546	Bc70	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
547	Bc71	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
548	Bc72	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
549	Bc73	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
550	Bc74	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
551	Bc75	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
552	Bc76	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
553	Bc77	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
554	Bc78	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
555	Bc79	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
556	Bc80	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
557	Bc81	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle

558	Bc82	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
559	Bc83	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
560	Bc84	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
561	Bd1	Profils pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et peu solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond
562	Bd2	Profils salés et pauvres en éléments grossiers et en sels peu solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond
563	Bd3	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
564	Bd4	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
565	Bd5	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
566	Bd6	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
567	Bd7	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
568	Bd8	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
569	Bd9	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles et peu solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond
570	Bd10	Profils salés, riches en éléments grossiers et pauvres en sels peu solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond
571	Bd11	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
572	Bd12	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
573	Bd13	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
574	Bd14	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
575	Bd15	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond

		avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
576	Bd16	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
577	Bd17	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
578	Bd18	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
579	Bd19	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
580	Bd20	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
581	Bd21	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
582	Bd22	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
583	Bd23	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
584	Bd24	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
585	Bd25	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
586	Bd26	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
587	Bd27	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
588	Bd28	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
589	Be29	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte

590	Be30	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
591	Be31	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
592	Be32	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
593	Be33	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
594	Be34	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
595	Be35	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
596	Be36	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
597	Be37	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
598	Be38	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
599	Be39	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
600	Be40	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
601	Be41	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
602	Be42	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
603	Be43	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
604	Be44	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
605	Be45	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte

606	Be46	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
607	Be47	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
608	Be48	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
609	Be49	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
610	Be50	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
611	Be51	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
612	Be52	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
613	Be53	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
614	Be54	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
615	Be55	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
616	Be56	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
617	Be57	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
618	Be58	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
619	Be59	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
620	Be60	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
621	Be61	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-

		dalle
622	Be62	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
623	Be63	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
624	Be64	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
625	Be65	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
626	Be66	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
627	Be67	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
628	Be68	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
629	Be69	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
630	Be70	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
631	Be71	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires sous forme réduite-croûte-dalle
632	Be72	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
633	Be73	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
634	Be74	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
635	Be75	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
636	Be76	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe

		phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
637	Be77	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
638	Be78	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
639	Be79	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
640	Be80	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
641	Be81	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
642	Be82	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
643	Be83	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
644	Be84	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
645	Bf29	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
646	Bf30	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
647	Bf31	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
648	Bf32	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
649	Bf33	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
650	Bf34	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
651	Bf35	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond

		avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
652	Bf36	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
653	Bf37	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
654	Bf38	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
655	Bf39	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
656	Bf40	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
657	Bf41	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
658	Bf42	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
659	Bf43	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
660	Bf44	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
661	Bf45	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
662	Bf46	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
663	Bf47	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
664	Bf48	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
665	Bf49	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond

		avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
666	Bf50	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
667	Bf51	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
668	Bf52	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
669	Bf53	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
670	Bf54	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
671	Bf55	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
672	Bf56	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
673	Bf57	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
674	Bf58	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
675	Bf59	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
676	Bf60	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
677	Bf61	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle

678	Bf62	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
679	Bf63	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
680	Bf64	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
681	Bf65	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
682	Bf66	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
683	Bf67	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
684	Bf68	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
685	Bf69	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
686	Bf70	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
687	Bf71	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
688	Bf72	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
689	Bf73	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
690	Bf74	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe

		phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
691	Bf75	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
692	Bf76	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
693	Bf77	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
694	Bf78	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
695	Bf79	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
696	Bf80	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
697	Bf81	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
698	Bf82	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
699	Bf83	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
700	Bf84	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
701	Bg1	Profils pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et peu solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond
702	Bg2	Profils salés et pauvres en éléments grossiers et en sels peu solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond
703	Bg3	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
704	Bg4	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
705	Bg5	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite

706	Bg6	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
707	Bg7	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
708	Bg8	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
709	Bg9	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles et peu solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond
710	Bg10	Profils salés, riches en éléments grossiers et pauvres en sels peu solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond
711	Bg11	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
712	Bg12	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
713	Bg13	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
714	Bg14	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
715	Bg15	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
716	Bg16	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
717	Bg17	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
718	Bg18	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
719	Bg19	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
720	Bg20	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
721	Bg21	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
722	Bg22	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
723	Bg23	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement

724	Bg24	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
725	Bg25	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
726	Bg26	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
727	Bg27	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
728	Bg28	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
729	Bh29	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
730	Bh30	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
731	Bh31	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
732	Bh32	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
733	Bh33	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
734	Bh34	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
735	Bh35	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
736	Bh36	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
737	Bh37	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond

		avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
738	Bh38	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
739	Bh39	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
740	Bh40	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
741	Bh41	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
742	Bh42	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
743	Bh43	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
744	Bh44	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
745	Bh45	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
746	Bh46	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
747	Bh47	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
748	Bh48	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
749	Bh49	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
750	Bh50	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
751	Bh51	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-

		croûte
752	Bh52	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
753	Bh53	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
754	Bh54	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
755	Bh55	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
756	Bh56	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
757	Bh57	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
758	Bh58	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
759	Bh59	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
760	Bh60	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
761	Bh61	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
762	Bh62	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
763	Bh63	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle

764	Bh64	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
765	Bh65	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
766	Bh66	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
767	Bh67	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
768	Bh68	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
769	Bh69	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
770	Bh70	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
771	Bh71	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
772	Bh72	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
773	Bh73	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
774	Bh74	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
775	Bh75	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
776	Bh76	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-

		dalle
777	Bh77	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
778	Bh78	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
779	Bh79	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
780	Bh80	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
781	Bh81	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
782	Bh82	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
783	Bh83	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
784	Bh84	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
785	Bi29	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
786	Bi30	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
787	Bi31	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
788	Bi32	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
789	Bi33	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
790	Bi34	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
791	Bi35	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
792	Bi36	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte

793	Bi37	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
794	Bi38	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
795	Bi39	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
796	Bi40	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
797	Bi41	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
798	Bi42	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
799	Bi43	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
800	Bi44	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
801	Bi45	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
802	Bi46	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
803	Bi47	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
804	Bi48	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
805	Bi49	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
806	Bi50	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
807	Bi51	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
808	Bi52	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
809	Bi53	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
810	Bi54	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe

		phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
811	Bi55	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
812	Bi56	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
813	Bi57	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
814	Bi58	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
815	Bi59	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
816	Bi60	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
817	Bi61	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
818	Bi62	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
819	Bi63	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
820	Bi64	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
821	Bi65	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
822	Bi66	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
823	Bi67	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
824	Bi68	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
825	Bi69	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
826	Bi70	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle

827	Bi71	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
828	Bi72	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
829	Bi73	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
830	Bi74	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
831	Bi75	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
832	Bi76	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
833	Bi77	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
834	Bi78	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
835	Bi79	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
836	Bi80	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
837	Bi81	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
838	Bi82	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
839	Bi83	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
840	Bi84	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement moyennement profond avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle

Annexe 16. Caractéristiques des types de profils d'enracinement dans le groupe C

Codes	Types	Caractéristiques des profils
841	Ca1	Profils pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et peu solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds
842	Ca2	Profils salés et pauvres en éléments grossiers et en sels peu solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds
843	Ca3	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite
844	Ca4	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite
845	Ca5	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
846	Ca6	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
847	Ca7	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite
848	Ca8	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite
849	Ca9	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles et peu solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds
850	Ca10	Profils salés, riches en éléments grossiers et pauvres en sels peu solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds
851	Ca11	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite
852	Ca12	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires sous forme réduite
853	Ca13	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
854	Ca14	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
855	Ca15	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite
856	Ca16	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite
857	Ca17	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement

858	Ca18	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
859	Ca19	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
860	Ca20	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
861	Ca21	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
862	Ca22	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
863	Ca23	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
864	Ca24	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
865	Ca25	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
866	Ca26	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
867	Ca27	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
868	Ca28	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
869	Cb29	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
870	Cb30	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
871	Cb31	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
872	Cb32	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
873	Cb33	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
874	Cb34	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique

		profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
875	Cb35	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
876	Cb36	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
877	Cb37	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
878	Cb38	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
879	Cb39	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
880	Cb40	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
881	Cb41	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
882	Cb42	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
883	Cb43	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
884	Cb44	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
885	Cb45	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
886	Cb46	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
887	Cb47	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
888	Cb48	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
889	Cb49	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
890	Cb50	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte

891	Cb51	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
892	Cb52	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
893	Cb53	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
894	Cb54	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
895	Cb55	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
896	Cb56	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
897	Cb57	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
898	Cb58	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
899	Cb59	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
900	Cb60	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
901	Cb61	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
902	Cb62	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
903	Cb63	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
904	Cb64	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
905	Cb65	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-

		encroûtement-croûte-dalle
906	Cb66	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
907	Cb67	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
908	Cb68	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
909	Cb69	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
910	Cb70	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
911	Cb71	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
912	Cb72	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
913	Cb73	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
914	Cb74	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
915	Cb75	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
916	Cb76	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
917	Cb77	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
918	Cb78	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
919	Cb79	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
920	Cb80	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
921	Cb81	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle

922	Cb82	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
923	Cb83	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
924	Cb84	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
925	Cc29	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires sous forme réduite-encroûtement-croûte
926	Cc30	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
927	Cc31	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
928	Cc32	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
929	Cc33	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
930	Cc34	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
931	Cc35	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
932	Cc36	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
933	Cc37	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
934	Cc38	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
935	Cc39	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
936	Cc40	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
937	Cc41	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
938	Cc42	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
939	Cc43	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe

		phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
940	Cc44	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
941	Cc45	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
942	Cc46	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
943	Cc47	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
944	Cc48	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
945	Cc49	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
946	Cc50	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
947	Cc51	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
948	Cc52	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
949	Cc53	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
950	Cc54	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
951	Cc55	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
952	Cc56	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
953	Cc57	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
954	Cc58	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
955	Cc59	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
956	Cc60	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle

957	Cc61	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
958	Cc62	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
959	Cc63	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
960	Cc64	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
961	Cc65	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
962	Cc66	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
963	Cc67	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
964	Cc68	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
965	Cc69	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
966	Cc70	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
967	Cc71	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
968	Cc72	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
969	Cc73	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
970	Cc74	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
971	Cc75	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
972	Cc76	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
973	Cc77	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe

		phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
974	Cc78	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
975	Cc79	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
976	Cc80	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
977	Cc81	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
978	Cc82	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
979	Cc83	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
980	Cc84	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
981	Cd1	Profils pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et peu solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond
982	Cd2	Profils salés et pauvres en éléments grossiers et en sels peu solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond
983	Cd3	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
984	Cd4	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
985	Cd5	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
986	Cd6	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
987	Cd7	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
988	Cd8	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
989	Cd9	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles et peu solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond
990	Cd10	Profils salés, riches en éléments grossiers et pauvres en sels peu solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond

991	Cd11	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
992	Cd12	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
993	Cd13	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
994	Cd14	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
995	Cd15	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
996	Cd16	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
997	Cd17	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
998	Cd18	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
999	Cd19	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
1000	Cd20	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
1001	Cd21	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
1002	Cd22	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
1003	Cd23	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
1004	Cd24	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
1005	Cd25	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
1006	Cd26	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
1007	Cd27	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une

		nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
1008	Cd28	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
1009	Ce29	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1010	Ce30	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1011	Ce31	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1012	Ce32	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1013	Ce33	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1014	Ce34	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1015	Ce35	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1016	Ce36	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1017	Ce37	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1018	Ce38	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1019	Ce39	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1020	Ce40	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1021	Ce41	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
1022	Ce42	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
1023	Ce43	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
1024	Ce44	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte

1025	Ce45	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
1026	Ce46	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
1027	Ce47	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
1028	Ce48	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
1029	Ce49	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
1030	Ce50	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
1031	Ce51	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
1032	Ce52	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
1033	Ce53	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1034	Ce54	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1035	Ce55	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1036	Ce56	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1037	Ce57	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1038	Ce58	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1039	Ce59	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1040	Ce60	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1041	Ce61	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1042	Ce62	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un

		obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1043	Ce63	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1044	Ce64	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1045	Ce65	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1046	Ce66	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1047	Ce67	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1048	Ce68	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1049	Ce69	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1050	Ce70	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1051	Ce71	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1052	Ce72	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1053	Ce73	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1054	Ce74	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1055	Ce75	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1056	Ce76	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1057	Ce77	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
1058	Ce78	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle

1059	Ce79	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
1060	Ce80	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
1061	Ce81	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
1062	Ce82	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
1063	Ce83	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
1064	Ce84	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique moyennement profonds, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
1065	Cf29	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1066	Cf30	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1067	Cf31	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1068	Cf32	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1069	Cf33	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1070	Cf34	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1071	Cf35	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1072	Cf36	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1073	Cf37	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1074	Cf38	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique

		moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1075	Cf39	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1076	Cf40	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1077	Cf41	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
1078	Cf42	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
1079	Cf43	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
1080	Cf44	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
1081	Cf45	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
1082	Cf46	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
1083	Cf47	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
1084	Cf48	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
1085	Cf49	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
1086	Cf50	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
1087	Cf51	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
1088	Cf52	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
1089	Cf53	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1090	Cf54	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle

1091	Cf55	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1092	Cf56	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1093	Cf57	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1094	Cf58	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1095	Cf59	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1096	Cf60	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1097	Cf61	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1098	Cf62	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1099	Cf63	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1100	Cf64	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1101	Cf65	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1102	Cf66	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1103	Cf67	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1104	Cf68	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-

		dalle
1105	Cf69	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1106	Cf70	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1107	Cf71	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1108	Cf72	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1109	Cf73	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1110	Cf74	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1111	Cf75	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1112	Cf76	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1113	Cf77	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
1114	Cf78	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
1115	Cf79	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
1116	Cf80	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
1117	Cf81	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
1118	Cf82	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
1119	Cf83	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
1120	Cf84	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique

		moyennement profonde et un obstacle mécanique superficiel, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
1121	Cg1	Profils pauvres en éléments grossiers, en sels solubles et peu solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond
1122	Cg2	Profils salés et pauvres en éléments grossiers et en sels peu solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond
1123	Cg3	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
1124	Cg4	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
1125	Cg5	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
1126	Cg6	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
1127	Cg7	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
1128	Cg8	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
1129	Cg9	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles et peu solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond
1130	Cg10	Profils salés, riches en éléments grossiers et pauvres en sels peu solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond
1131	Cg11	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
1132	Cg12	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite
1133	Cg13	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
1134	Cg14	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite
1135	Cg15	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
1136	Cg16	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite
1137	Cg17	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement

1138	Cg18	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
1139	Cg19	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
1140	Cg20	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
1141	Cg21	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
1142	Cg22	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
1143	Cg23	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
1144	Cg24	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement
1145	Cg25	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
1146	Cg26	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement
1147	Cg27	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
1148	Cg28	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement
1149	Ch29	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1150	Ch30	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1151	Ch31	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1152	Ch32	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1153	Ch33	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1154	Ch34	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique

		superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1155	Ch35	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1156	Ch36	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1157	Ch37	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1158	Ch38	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1159	Ch39	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux sous forme réduite-encroûtement-croûte
1160	Ch40	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1161	Ch41	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
1162	Ch42	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
1163	Ch43	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
1164	Ch44	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
1165	Ch45	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
1166	Ch46	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
1167	Ch47	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
1168	Ch48	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
1169	Ch49	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
1170	Ch50	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique

		superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
1171	Ch51	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
1172	Ch52	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
1173	Ch53	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1174	Ch54	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1175	Ch55	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1176	Ch56	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1177	Ch57	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1178	Ch58	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1179	Ch59	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1180	Ch60	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1181	Ch61	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1182	Ch62	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1183	Ch63	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1184	Ch64	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle

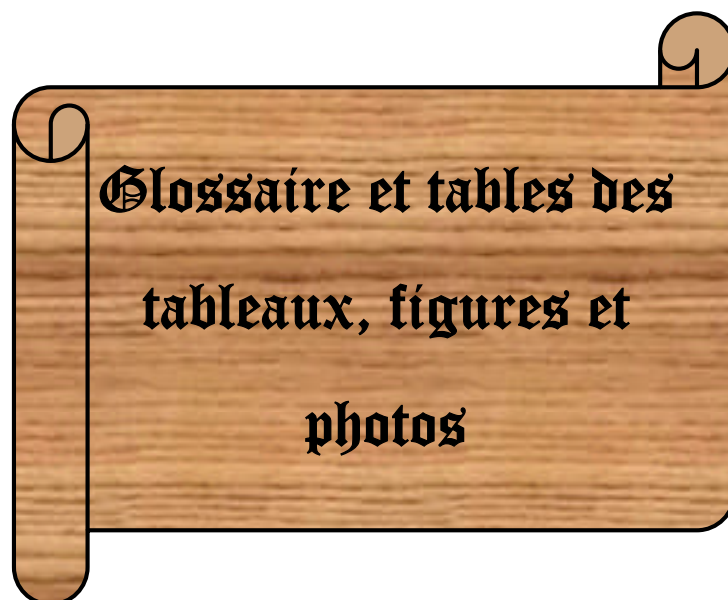
1185	Ch65	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1186	Ch66	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1187	Ch67	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1188	Ch68	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1189	Ch69	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1190	Ch70	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1191	Ch71	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1192	Ch72	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1193	Ch73	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1194	Ch74	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1195	Ch75	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1196	Ch76	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1197	Ch77	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
1198	Ch78	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
1199	Ch79	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle

1200	Ch80	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
1201	Ch81	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
1202	Ch82	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
1203	Ch83	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
1204	Ch84	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique superficielle et un obstacle mécanique moyennement profond, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
1205	Ci29	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1206	Ci30	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1207	Ci31	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1208	Ci32	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1209	Ci33	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1210	Ci34	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1211	Ci35	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1212	Ci36	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1213	Ci37	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1214	Ci38	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1215	Ci39	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1216	Ci40	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-encroûtement-croûte
1217	Ci41	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe

		phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
1218	Ci42	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
1219	Ci43	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
1220	Ci44	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
1221	Ci45	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
1222	Ci46	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
1223	Ci47	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
1224	Ci48	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte
1225	Ci49	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
1226	Ci50	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte
1227	Ci51	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
1228	Ci52	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypseux, sous forme réduite-croûte
1229	Ci53	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1230	Ci54	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1231	Ci55	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1232	Ci56	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1233	Ci57	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1234	Ci58	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle

1235	Ci59	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1236	Ci60	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-dalle
1237	Ci61	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1238	Ci62	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1239	Ci63	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1240	Ci64	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1241	Ci65	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1242	Ci66	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1243	Ci67	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1244	Ci68	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-encroûtement-croûte-dalle
1245	Ci69	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1246	Ci70	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1247	Ci71	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1248	Ci72	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1249	Ci73	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1250	Ci74	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1251	Ci75	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle
1252	Ci76	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-croûte-dalle

1253	Ci77	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
1254	Ci78	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires sous forme réduite-dalle
1255	Ci79	Profils pauvres en éléments grossiers et en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
1256	Ci80	Profils salés et pauvres en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
1257	Ci81	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
1258	Ci82	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont calcaires, sous forme réduite-dalle
1259	Ci83	Profils riches en éléments grossiers et pauvres en sels solubles, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle
1260	Ci84	Profils salés et riches en éléments grossiers, présentent un niveau d'enracinement superficiel avec une nappe phréatique et un obstacle mécanique superficiels, et sont gypso-calcaires, sous forme réduite-dalle



Glossaire

- A** : Accumulations gypso-calcaires de formes amas
- a** : Seuil critique de la salinité du sol pour le rendement relatif maximum
- a'** : Seuils critiques des paramètres hydro-édaphiques pour le rendement relatif maximum
- ACP** : Analyses en composantes principales
- As** : Accumulations gypso-calcaires de formes amas-cristaux
- b** : Pourcentage de perte de rendement par unité de salinité
- B** : Secteur phoenicicole de Bamendil
- b'** : Pourcentages de pertes de rendements par unité de paramètres étudiés
- BT** : Secteur phoenicicole de Beni Thour
- C** : Accumulations gypso-calcaires de formes croûtes
- C.E._e** : Conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée des sols
- C.E._{e1:5}** : Conductivité électrique de l'extrait 1:5 des sols
- C.E._{ee1:5}** : Conductivité électrique de l'extrait 1:5 des croûtes
- C.E._i** : Conductivité électrique des eaux d'irrigation
- C.E._{me1:5}** : Conductivité électrique maximum de l'extrait 1:5 de sol au rendement pondéral nul
- C.E._n** : Conductivité électrique des eaux phréatiques
- C.E._{sc}** : Seuil critique de salinité à partir duquel le rendement maximum commence à chuter
- C.E._{smax}** : Seuil de salinité maximum au niveau du seuil minimum du rendement maximum
- Cp** : Codes de profils d'enracinements
- Cs** : Accumulations gypso-calcaires de formes croûtes-cristaux
- D** : Accumulations gypso-calcaires de formes diffuses
- Da** : Densités apparentes des sols
- Dc** : Degrés d'accumulations moyennes en sels peu solubles dans les profils
- Dg** : Degrés de richesse en éléments grossiers dans les profils
- Dr** : Densités racinaires
- Ds** : Degrés de salinités moyennes dans les profils
- E** : Accumulations gypso-calcaires de formes encroûtements
- Es** : Accumulations gypso-calcaires de formes encroûtements-cristaux
- Fc** : Formes d'accumulations en sels peu solubles dans les profils
- g1** : Accumulations riches en éléments grossiers de diamètres faibles
- g2** : Accumulations riches en éléments grossiers de diamètres élevés
- Gp** : Groupes de profils d'enracinements

- H** : Humidités des sols
- H.r.** : Hauteurs des racines aériennes
- K** : Secteur phoenicicole du Ksar
- M** : Secteur phoenicicole de Mékhadma
- Nm** : Niveaux des obstacles mécaniques durs de sels peu solubles dans les profils
- Nn** : Niveaux des obstacles de nappes phréatiques dans les profils
- No** : Niveaux des obstacles hydro-mécaniques dans les profils
- Np** : Natures des accumulations dans les profils
- Nr** : Niveaux d'enracinement dans les profils
- Ør** : Diamètres racinaires
- Ør_f** : Diamètres des racines fines
- Ør_g** : Diamètres des racines grossières
- Ør_m** : Diamètres des racines moyennes
- P.c.** : Profondeurs des croûtes
- P.n.** : Profondeurs des nappes phréatiques
- P.r.** : Profondeurs racinaires
- pH_{el:5}** : pH de extrait 1:5 des sols
- pH_i** : pH des eaux d'irrigation
- pH_n** : pH des eaux phréatiques
- Pnp** : Palmeraies de nappes profondes
- Pns** : Palmeraies de nappes superficielles
- Profils R** : Profils d'accumulations de formes réduites
- Profils RC** : Profils d'accumulations de formes réduites-croûtes
- Profils RE** : Profils d'accumulations de formes réduites-encroûtements
- Profils REC** : Profils d'accumulations de formes réduites-encroûtements-croûtes
- R.s._n** : Résidus secs des eaux de la nappe phréatique
- S** : Accumulations gypso-calcaires de formes cristaux gypseux
- S.A.R.** : Sodium adsorption ratio
- SO** : Secteur phoenicicole de Saïd Otba
- S1Pi** : Profils des sols (Pi, i : numéro du profil) de la station de l'université de Ouargla (S1)
- S2Pi** : Profils des sols (Pi, i : numéro du profil) de la station de Hassi Ben Abdallah (S2)
- S3Pi** : Profils des sols (Pi, i : numéro du profil) de la station de Ain El-Beïda (S3)
- S4Pi** : Profils des sols (Pi, i : numéro du profil) de la station du Chott (S4)
- S5Pi** : Profils des sols (Pi, i : numéro du profil) de la station de Mékhadma (S5)

T_p : Types de profils d'enracinements

X : Paramètres hydro-édaphiques dans les modèles de chutes des rendements

Y : Rendements de la culture

Y₁ : Droite linéaire du seuil maximum de rendement

Y₂ : Régression linéaire de chute de rendement maximum

Y_{pcnp} : rendements pondéraux en zones de croûtes-nappes profondes

Y_{pcns} : rendements pondéraux en zones de croûtes-nappes superficielles

Y_{pnp} : rendements pondéraux en zones de nappes profondes

Y_{pns} : rendements pondéraux en zones de nappes superficielles

Y_r : Rendements relatifs de la culture

Y_{smax} : Seuil maximum des rendements maximums

Y_{smin} : Seuil minimum des rendements maximums

Table des tableaux

Chapitre II. Exigences écologiques du palmier dattier	
Tabl. II 1. Besoins du palmier dattier en éléments nutritifs N-P-K	28
Tabl. II 2. Besoins N-P du palmier dattier en fonction de l'âge	28
Tabl. II 3. Symptômes de carences en oligo-éléments chez le palmier dattier	34
Tabl. II 4. Teneurs des feuilles de quelques cultivars de palmiers en éléments nutritifs	35
Tabl. II 5. Besoins en fumier du palmier dattier en fonction de l'âge	37
Chapitre III. Dégradation hydro-édaphique des oasis	
Tabl. III 1. Impact de la remontée de la nappe sur les dépôts salins	40
Chapitre IV. Cadre de l'étude	
Tabl. IV 1. Données climatiques moyennes à Ouargla entre 1998 et 2007	51
Tabl. IV 2. Qualités des eaux phréatiques des palmeraies de Ouargla	58
Chapitre V. Matériels d'études	
Tabl. V 1. Echantillonnage des palmeraies dans la cuvette de Ouargla	67
Chapitre VII. Tolérance des palmiers dattiers aux stress hydro-édaphiques	
Tabl. VII 1. Résultats moyens obtenus dans les secteurs phoenicicoles de Ouargla	84
Tabl. VII 2. Relations entre la chute des rendements moyens et tolérance des palmiers dattiers aux stress hydro-édaphiques à Ouargla	113
Chapitre VIII. Impact des stress hydro-édaphiques sur l'enracinement	
Tabl. VIII 1. Caractéristiques hydro-édaphiques moyennes des profils d'enracinement des palmiers dattiers de même âge de plantation	126
Tabl. VIII 2. Caractéristiques hydro-édaphiques moyennes des profils d'enracinement des palmiers dattiers d'âges de plantations différents	127
Tabl. VIII 3. Caractéristiques des types de profils d'accumulations dans la cuvette de Ouargla	129
Tabl. VIII 4. Enracinements moyens des palmiers dattiers dans les stations d'études	138
Tabl. VIII 5. Intervalles des mesures moyennes des diamètres racinaires dans les profils	145
Tabl. VIII 6. Intervalles des mesures moyennes des densités racinaires dans les profils	153
Chapitre IX. Classification de l'enracinement des palmiers dattiers	
Tabl. IX 1. Intervalles des diamètres racinaires dans les profils de Ouargla	185
Tabl. IX 2. Intervalles des densités racinaires dans les profils de Ouargla	188
Tabl. IX 3. Classification des densités racinaires en milieu hydro-édaphique de Ouargla	189
Tabl. IX 4. Intervalles des profondeurs racinaires dans les profils de Ouargla	197
Tabl. IX 5. Classification des profondeurs racinaires des palmiers dattiers dans l'environnement hydro-édaphique de Ouargla	198
Tabl. IX 6. Intervalles des hauteurs des racines aériennes dans les profils de Ouargla	205
Tabl. IX 7. Classification des hauteurs racinaires aériennes des palmiers dattiers dans l'environnement hydro-édaphique de Ouargla	207
Tabl. IX 8. Niveaux d'obstacles hydro-mécaniques probables dans les profils de sols	213
Tabl. IX 9. Natures des accumulations probables dans les profils des sols	216
Tabl. IX 10. Classification des profils d'enracinement dans les stations d'études	221

Table des figures

Chapitre I. Caractéristiques du palmier dattier

Fig. I 1. Morphologie bilingue du palmier dattier sur schéma de MUNIER	12
Fig. I 2. Morphologie bilingue des palmes et des inflorescences sur schéma de MUNIER	17

Chapitre IV. Cadre de l'étude

Fig. IV 1. Carte topographique de la cuvette de Ouargla	50
Fig. IV 2. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN pour Ouargla	53
Fig. IV 3. Etage bioclimatique de Ouargla	54
Fig. IV 4. Carte hydrographique de la cuvette de Ouargla	55
Fig. IV 5. Carte géologique de la cuvette de Ouargla	57
Fig. IV 6. Carte des états de surface des sols à Ouargla	62

Chapitre V. Matériels d'études

Fig. V 1. Localisation des sites expérimentaux à Ouargla	65
Fig. V 2. Vue aérienne de l'exploitation de l'université de Ouargla	70

Chapitre VI. Méthodes d'études

Fig. VI 1. Profil d'enracinement du palmier dattier	79
--	----

Chapitre VII. Tolérance des palmiers dattiers aux stress hydro-édaphiques

Fig. VII 1. Profondeurs de la nappe phréatique dans les palmeraies de Ouargla	85
Fig. VII 2. Obstacles de croûtes et de nappes dans les palmeraies de Ouargla	88
Fig. VII 3. Profondeurs des croûtes dans les palmeraies de Ouargla	89
Fig. VII 4. Salinité moyenne dans les zones de nappes profondes	90
Fig. VII 5. Impact de la salinité des eaux d'irrigation sur celle des sols de nappes profondes	91
Fig. VII 6. Salinité moyenne des eaux d'irrigation, croûtes et des sols de nappes profondes	91
Fig. VII 7. Profondeurs moyennes des croûtes gypseuses en zones de nappes profondes	91
Fig. VII 8. Salinités moyennes dans les zones de nappes superficielles	92
Fig. VII 9. Impact du niveau des eaux phréatiques superficielles sur la salinité des sols	93
Fig. VII 10. Impact de la salinité des eaux phréatiques superficielles sur celle des sols	93
Fig. VII 11. Impact de la salinité des eaux d'irrigation sur celle des sols de nappes superficielles	93
Fig. VII 12. Impact du niveau des croûtes gypseuses sur la salinité des sols de nappes superficielles	94
Fig. VII 13. Relations entre profondeurs des nappes superficielles et des croûtes gypseuses	94
Fig. VII 14. Salinités moyennes des eaux d'irrigation, eaux phréatiques, croûtes et des sols de nappes superficielles	95
Fig. VII 15. Profondeurs moyennes des nappes superficielles et des croûtes gypseuses	95
Fig. VII 16. Profondeurs d'enracinement du palmier dattier dans les palmeraies de Ouargla	97
Fig. VII 17. Impact des croûtes- nappes profondes sur l'enracinement	98
Fig. VII 18. Impact des croûtes-nappes superficielles sur l'enracinement	99
Fig. VII 19. Impact des nappes superficielles sur l'enracinement	99
Fig. VII 20. Niveaux des rendements dans les zones hydro-édaphiques de Ouargla	101

Fig. VII 21. Niveaux des rendements dans les secteurs phoenicicoles de Ouargla	102
Fig. VII 22. ACP des rendements en zones de nappes profondes	102
Fig. VII 23. ACP des rendements en zones de croûtes-nappes profondes	103
Fig. VII 24. ACP des rendements en zones de nappes superficielles	104
Fig. VII 25. ACP des rendements en zones de croûtes-nappes superficielles	104
Fig. VII 26. Impact du stress salin sur l'évolution des rendements maximums à Ouargla	105
Fig. VII 27. Impact du stress salin sur l'évolution des rendements maximums dans les zones hydro-édaphiques de Ouargla	106
Fig. VII 28. Courbes-enveloppes des rendements dans la cuvette de Ouargla	108
Fig. VII 29. Chute des rendements relatifs en fonction de la salinité des sols	115
Fig. VII 30. Chute des rendements relatifs en fonction de la salinité des eaux d'irrigation	115
Fig. VII 31. Chute des rendements relatifs en fonction de la salinité des eaux phréatiques	116
Fig. VII 32. Chute des rendements relatifs en fonction de la profondeur de la nappe phréatique	116
Fig. VII 33. Chute des rendements relatifs en fonction de la profondeur de la croûte gypseuse	117
Fig. VII 34. Impact de la profondeur de la croûte-nappe superficielle sur les rendements	118

Chapitre VIII. Impact des stress hydro-édaphiques sur l'enracinement

Fig. VIII 1. Teneurs en gypse dans les sols des profils d'accumulations	132
Fig. VIII 2. Teneurs en calcaire dans les sols des profils d'accumulations	133
Fig. VIII 3. Salinité et pH des sols dans les profils d'accumulations	134
Fig. VIII 4. Compacité des sols dans les profils d'accumulations	135
Fig. VIII 5. Humidité des sols dans les profils d'accumulations	136
Fig. VIII 6. Diamètres racinaires des palmiers dattiers dans les profils R3 et R4	145
Fig. VIII 7. Diamètres racinaires des palmiers dattiers dans les profils RE1	146
Fig. VIII 8. Diamètres racinaires des palmiers dattiers dans les profils REC1 à REC6	148
Fig. VIII 9. Diamètres racinaires des palmiers dattiers dans les profils RC1	149
Fig. VIII 10. Effet de l'âge des palmiers dattiers sur les diamètres racinaires fins	149
Fig. VIII 11. Diamètres racinaires des palmiers dattiers dans les profils R1, R2, R5 et RE2	150
Fig. VIII 12. Diamètres racinaires des palmiers dattiers dans les profils REC7	151
Fig. VIII 13. Densités racinaires des palmiers dattiers dans les profils R3 et R4	154
Fig. VIII 14. Effet de la compacité des profils R3 et R4 sur la densité racinaire	154
Fig. VIII 15. Densités racinaires des palmiers dattiers dans les profils RE1	155
Fig. VIII 16. Effet de la compacité des profils RE1 sur la densité racinaire	155
Fig. VIII 17. Densités racinaires des palmiers dattiers dans les profils REC1 à REC6	156
Fig. VIII 18. Effet de la compacité des profils REC1 à REC6 sur la densité racinaire	156
Fig. VIII 19. Densités racinaires des palmiers dattiers dans les profils RC1	157
Fig. VIII 20. Effet de la compacité des profils RC1 sur la densité racinaire	157
Fig. VIII 21. Densités racinaires des palmiers dattiers dans les profils R1, R2 et R5	158
Fig. VIII 22. Effet de la compacité des profils R1, R2 et R5 sur la densité racinaire	159
Fig. VIII 23. Densités racinaires des palmiers dattiers dans les profils RE2	159
Fig. VIII 24. Effet de la compacité des profils RE2 sur la densité racinaire	160
Fig. VIII 25. Densités racinaires des palmiers dattiers dans les profils REC7	161
Fig. VIII 26. Effet de la compacité des profils REC7 sur la densité racinaire	161
Fig. VIII 27. Impact des profils d'accumulations à différents niveaux de nappes sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de même âge	163

Fig. VIII 28. Impact des niveaux des croûtes en zones de nappes phréatiques profondes sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de même âge	164
Fig. VIII 29. Impact des niveaux des croûtes et des nappes phréatiques moyennement profondes sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de même âge	165
Fig. VIII 30. Evolution des densités apparentes des sols avec les types de profils d'accumulations en palmeraies de même âge	165
Fig. VIII 31. Impact de la compaction moyenne des profils des sols sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de même âge	166
Fig. VIII 32. Impact de la compaction moyenne des profils des sols en zones de croûtes-nappes profondes sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de même âge	166
Fig. VIII 33. Evolution des humidités des sols avec les types de profils d'accumulations en palmeraies de même âge	167
Fig. VIII 34. Impact de l'humidité des sols en zones de croûtes-nappes profondes sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de même âge	167
Fig. VIII 35. Relations entre la densité racinaire au niveau des croûtes avec la profondeur racinaire des palmiers dattiers de même âge en zones de nappes moyennement profondes	168
Fig. VIII 36. Impact des profils d'accumulations à différents niveaux de nappes sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de différents âges	168
Fig. VIII 37. Impact des niveaux de nappes superficielles sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de différents âges en zones sans croûtes	169
Fig. VIII 38. Impact des niveaux des croûtes sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de différents âges en zones de nappes phréatiques superficielles	169
Fig. VIII 39. Impact des degrés de salinités des eaux phréatiques superficielles sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de différents âges	170
Fig. VIII 40. Impact des charges salines des eaux phréatiques superficielles sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de différents âges	170
Fig. VIII 41. Impact des pH des eaux phréatiques superficielles sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de différents âges	171
Fig. VIII 42. Impact des profils d'accumulations à différents niveaux de nappes sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de même âge	172
Fig. VIII 43. Impact des niveaux des croûtes en zones de nappes phréatiques profondes sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de même âge	173
Fig. VIII 44. Impact des niveaux des croûtes et des nappes phréatiques moyennement profondes sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de même âge	173
Fig. VIII 45. Impact de la compaction des sols sur les hauteurs des racines aériennes de palmiers dattiers de même âge	174
Fig. VIII 46. Impact de l'humidité des sols en zones de croûtes-nappes profondes sur les hauteurs des racines aériennes de palmiers dattiers de même âge	174
Fig. VIII 47. Impact des hauteurs des racines aériennes sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de même âge	175
Fig. VIII 48. Impact des âges de plantation des palmiers dattiers sur les hauteurs des racines aériennes dans les conditions hydro-édaphiques de la cuvette de Ouargla	176
Fig. VIII 49. Impact des profils d'accumulations à différents niveaux de nappes sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de différents âges	176
Fig. VIII 50. Impact des niveaux des nappes superficielles sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de différents âges en zones sans croûtes	177

Fig. VIII 51. Impact des niveaux des croûtes sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de différents âges en zones de nappes phréatiques superficielles	177
Fig. VIII 52. Relations entre les hauteurs des racines aériennes et les profondeurs racinaires des palmiers dattiers de différents âges en zones de nappes superficielles	178
Fig. VIII 53. Impact des degrés de salinités des eaux phréatiques superficielles sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de différents âges	178
Fig. VIII 54. Impact des charges salines des eaux phréatiques superficielles sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de différents âges	179
Fig. VIII 55. Impact du pH des eaux phréatiques superficielles sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de différents âges	179
Fig. VIII 56. Impact de la compacité des sols sur les hauteurs des racines aériennes des palmiers dattiers de différents âges	180
 Chapitre IX. Classification de l'enracinement des palmiers dattiers 	
Fig. IX 1. Effet de la compacité des profils R sur la densité racinaire	186
Fig. IX 2. Effet de la compacité des profils RE sur la densité racinaire	187
Fig. IX 3. Effet de la compacité des profils REC sur la densité racinaire	187
Fig. IX 4. Effet de la compacité des profils d'accumulations sur la densité racinaire des palmiers dattiers en conditions de nappes	190
Fig. IX 5. Impact des niveaux des croûtes en zones de nappes phréatiques profondes sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers	192
Fig. IX 6. Impact de la situation des croûtes-nappes superficielles sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers	193
Fig. IX 7. Impact de la situation des nappes superficielles sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers	195
Fig. IX 8. Impact de la densité apparente moyenne sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers	196
Fig. IX 9. Effet des niveaux des croûtes gypseuses sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers en conditions de nappes	199
Fig. IX 10. Effets des niveaux des nappes phréatiques sur les profondeurs racinaires des palmiers dattiers en conditions hydro-édaphiques	200
Fig. IX 11. Impact des niveaux de croûtes sur les hauteurs des racines aériennes en zones de nappes phréatiques proches de la surface des sols	202
Fig. IX 12. Relations entre les hauteurs des racines aériennes et les profondeurs racinaires des palmiers dattiers en zones croûtes-nappes superficielles	203
Fig. IX 13. Impact de la salinité des eaux phréatiques sur les hauteurs des racines aériennes en zones de croûtes-nappes superficielles	204
Fig. IX 14. Impact de l'alcalinité des eaux phréatiques sur les hauteurs des racines aériennes en zones de croûtes-nappes superficielles	205
Fig. IX 15. Impact du niveau de la nappe phréatique sur la hauteur des racines aériennes en conditions hydro-édaphiques	208
Fig. IX 16. Impact de la salinité des eaux phréatiques sur la hauteur des racines aériennes en conditions hydro-édaphiques	208
Fig. IX 17. Impact du pH des eaux phréatiques sur la hauteur des racines aériennes en conditions hydro-édaphiques	209
Fig. IX 18. Impact du niveau des croûtes gypseuses sur la hauteur des racines aériennes en conditions hydro-édaphiques	210
Fig. IX 19. Relations entre la hauteur des racines aériennes et la profondeur racinaire en conditions hydro-édaphiques	211

Table des photos

Chapitre V. Matériels d'études

Photo V 1. Drain et collecteur principal mal entretenus	68
Photo V 2. Accumulations salines à la surface des sols des palmeraies	69

Chapitre VI. Méthodes d'études

Photo VI 1. Tarière et sonde électrique	75
Photo VI 2. Sondage des nappes, croûtes, enracinement et prélèvements d'échantillons de sols	75
Photo VI 3. Extraction des eaux phréatiques d'un profil de nappe superficielle	77
Photo VI 4. Enfouissement et libération des cylindres dans le profil	80
Photo VI 5. Récolte et estimation des rendements en dattes dans les palmeraies	81

Chapitre VII. Tolérance des palmiers dattiers aux stress hydro-édaphiques

Photo VII 1. Profils de nappes profonde et superficielle	86
Photo VII 2. Profils de croûtes gypso-calcaires et gypseuses	88
Photo VII 3. Enracinement du palmier dattier face à la croûte gypseuse et à la nappe phréatique	89

Chapitre VIII. Impact des stress hydro-édaphiques sur l'enracinement

Photo VIII 1. Profils d'accumulations dans les stations expérimentales de Ouargla	130
Photo VIII 2. Morphologie racinaire en l'absence d'obstacles hydro-mécaniques	139
Photo VIII 3. Effets des cristaux et des amas sur la morphologie racinaire	139
Photo VIII 4. Effets des encroûtements sur la morphologie racinaire	140
Photo VIII 5. Effets des croûtes sur l'orientation racinaire	141
Photo VIII 6. Aplatissement des racines au contact des croûtes	141
Photo VIII 7. Déformations des racines dans les croûtes	142
Photo VIII 8. Racine morte pénétrée par de jeunes racines dans la croûte	142
Photo VIII 9. Effets des nappes phréatiques sur la morphologie racinaire	142
Photo VIII 10. Racines pourries par les eaux et pénétrées par de jeunes racines	143
Photo VIII 11. Racines de différents diamètres	144



Table des matières

Table des matières

Dédicace et Avant-propos

Résumés

Sommaire

Introduction

1

Première partie : Ecologie du palmier dattier

Chapitre I. Caractéristiques du palmier dattier

1. Taxonomie	6
2. Origine et distribution géographique	6
2.1. Palmeraies du monde	7
2.2. Palmeraies algériennes	8
2.3. Palmeraies américaines	8
3. Morphologie	10
3.1. Système racinaire	10
3.1.1. Types de racines	10
3.1.2. Description anatomique	10
3.1.3. Zones d'enracinement	11
3.1.3.1. Racines respiratoires	11
3.1.3.2. Racines de nutrition	13
3.1.3.3. Racines d'absorption	13
3.1.3.4. Racines d'absorption profonde	13
3.1.4. Développement racinaire	13
3.2. Système végétatif	14
3.2.1. Stipe	14
3.2.2. Palmes	15
3.2.3. Organes floraux	16
3.2.4. Fruits	18

Chapitre II. Exigences écologiques du palmier dattier

1. Exigences climatiques	20
1.1. Températures	20
1.2. Pluviométrie	20
1.3. Humidité	21
1.4. Vents	21
2. Exigences édaphiques	21
2.1. Tolérance à la salinité des eaux d'irrigation	22
2.2. Tolérance à la salinité des sols	23
2.2.1. Degrés de salinité	23
2.2.2. Ions spécifiques	23

3. Exigences hydriques	24
4. Exigences nutritionnelles	26
4.1. Absorption des éléments nutritifs	27
4.2. Besoins en éléments majeurs primaires	27
4.2.1. Relations nappes - Besoins N-P-K	28
4.2.2. Effets de la fertilisation	29
4.3. Besoins en éléments secondaires et oligo-éléments	33
4.3.1. Carences en oligo-éléments	33
4.3.2. Toxicité en oligo-éléments	34
4.3.3. Effets de la fertilisation	34
4.4. Amendements organiques	36

Deuxième partie : Problématique et Cadre de l'étude

Chapitre III. Dégradation hydro-édaphique des oasis

1. Causes de dégradation	38
1.1. Remontée de la nappe phréatique	38
1.2. Salinisation des sols	38
2. Conséquences de la dégradation	39
2.1. Conséquences sur le sol	39
2.1.1. Effets de la nappe phréatique	39
2.1.2. Effets de la salinisation	41
2.2. Conséquences sur le palmier dattier	42
2.2.1. Effets de la nappe phréatique	42
2.2.1.1. Partie végétative	42
2.2.1.2. Partie racinaire	42
2.2.2. Effets de la salinisation	44
2.2.2.1. Effets du degré de salinité	44
A. Partie végétative	44
B. Partie racinaire	45
2.2.2.2. Toxicité spécifique	46
A. Partie végétative	46
B. Partie racinaire	48
2.2.2.3. Nutrition minérale	48

Chapitre IV. Cadre de l'étude

1. Localisation géographique	50
2. Climat	51
2.1. Précipitations	51
2.2. Températures	51
2.3. Humidité relative	52
2.4. Vents	52
2.5. Evaporation	52
2.6. Evapotranspiration potentielle	52
2.7. Classification climatique	53

3. Hydrographie	54
4. Géomorphologie	55
5. Géologie	56
6. Hydrogéologie	57
6.1. Nappe phréatique	57
6.2. Nappe du complexe terminal	60
6.3. Nappe du continental intercalaire	60
7. Pédologie	61
8. Végétation naturelle	62
9. Phoeniciculture	64

Troisième partie : Matériels et méthodes

Chapitre V. Matériels d'études

1. Choix des sites d'études	65
2. Zone d'étude I	66
2.1. Choix des sites expérimentaux	66
2.2. Echantillonnage	66
2.2.1. Echantillonnage des palmeraies	66
2.2.2. Echantillonnage des palmiers	67
2.3. Conduite culturale	67
2.4. Irrigation-drainage	67
3. Zone d'étude II	69
3.1. Choix du site expérimental	69
3.2. Echantillonnage	70
3.2.1. Echantillonnage des secteurs	70
3.2.2. Echantillonnage des palmiers	71
3.3. Conduite culturale	71
3.4. Irrigation-drainage	72
4. Zone d'étude III	72
4.1. Choix des sites expérimentaux	72
4.2. Echantillonnage des palmiers	73
4.3. Conduite culturale	73
4.4. Irrigation-drainage	73

Chapitre VI. Méthodes d'études

1. Approches méthodologiques	74
1.1. Etude hydro-édaphique	74
1.1.1. Etude de la nappe phréatique	74
1.1.2. Etude de l'eau d'irrigation	76

1.1.3. Etude du sol	76
1.1.3.1. Profondeur des croûtes gypseuses	76
1.1.3.2. Morphologie des sols	76
1.1.3.3. Analyse des sols	76
1.2. Etude des palmiers dattiers	77
1.2.1. Etude de l'enracinement	77
1.2.1.1. Profondeur racinaire	78
1.2.1.2. Morphologie racinaire	78
1.2.1.3. Densité racinaire	79
1.2.1.4. Diamètre racinaire	80
1.2.1.5. Hauteur des racines aériennes	80
1.2.2. Etude des rendements	80
2. Méthodes d'analyses	81
2.1. Analyses des sols	81
2.2. Analyses des eaux	82

Quatrième partie : Résultats et discussions

Chapitre VII. Tolérance des palmiers dattiers aux stress hydro-édaphiques

1. Niveaux de dégradation hydro-édaphique	83
1.1. Conditions hydriques	83
1.1.1. Niveau de la nappe phréatique	83
1.1.2. Salinité des eaux phréatiques	85
1.1.3. Salinité des eaux d'irrigation	85
1.1.4. Discussion	86
1.2. Conditions édaphiques	87
1.2.1. Croûtes gypso-salines	88
1.2.2. Salinité des sols irrigués	90
1.2.2.1. Sols de nappes profondes	90
1.2.2.2. Sols de nappes superficielles	92
1.2.3. Discussion	95
2. Impact de la dégradation hydro-édaphique	97
2.1. Niveau d'enracinement des palmiers dattiers	97
2.1.1. Impact des croûtes-nappes profondes	97
2.1.2. Impact des croûtes-nappes superficielles	98
2.1.3. Impact des nappes superficielles	98
2.1.4. Discussion	99
2.2. Niveau des rendements des palmiers dattiers	100
2.2.1. Relations avec les conditions hydro-édaphiques	100
2.2.2. Tolérance des palmiers dattiers à la salinité	104
2.2.2.1. Evolution des rendements maximum	104
2.2.2.2. Courbes-enveloppes	107
2.2.3. Modèles linéaires adaptés aux zones d'études	109
2.2.4. Discussion	118
3. Conclusion	121

Chapitre VIII. Impact des stress hydro-édaphiques sur l'enracinement

1. Etude de l'environnement hydro-édaphique	125
1.1. Description morphologique des sols	128
1.1.1. Profils d'accumulations réduites	131
1.1.2. Profils d'accumulations réduites-encroûtements	131
1.1.3. Profils d'accumulations réduites-encroûtements-croûtes	131
1.1.4. Profils d'accumulations réduites-croûtes	131
1.2. Description analytique des sols	132
1.2.1. Caractéristiques chimiques	132
1.2.2. Caractéristiques physico-chimiques	133
1.2.3. Caractéristiques physiques	135
1.3. Discussion	136
2. Etude de l'enracinement	137
2.1. Profils d'enracinement	137
2.1.1. Morphologie racinaire	137
2.1.1.1. Absence d'obstacles hydro-mécaniques	138
2.1.1.2. Effets des obstacles mécaniques	139
2.1.1.3. Effets des obstacles hydriques	141
2.1.1.4. Discussion	143
2.1.2. Diamètres racinaires	143
2.1.2.1. Palmiers dattiers de même âge	144
2.1.2.2. Palmiers dattiers de différents âges	147
2.1.2.3. Discussion	151
2.1.3. Densités racinaires	152
2.1.3.1. Palmiers dattiers de même âge	153
2.1.3.2. Palmiers dattiers de différents âges	157
2.1.3.3. Discussion	161
2.1.4. Profondeurs racinaires	163
2.1.4.1. Palmiers dattiers de même âge	163
2.1.4.2. Palmiers dattiers de différents âges	168
2.1.4.3. Discussion	171
2.2. Hauteurs des racines aériennes	172
2.2.1. Palmiers dattiers de même âge	172
2.2.2. Palmiers dattiers de différents âges	175
2.2.3. Discussion	180
3. Conclusion	181

Chapitre IX. Classification de l'enracinement des palmiers dattiers

1. Paramètres d'enracinement	184
1.1. Diamètres racinaires	184
1.1.1. Normes de classification	184
1.1.2. Echelles de classification	184
1.1.3. Discussion	185
1.2. Densités racinaires	185
1.2.1. Normes de classification	185
1.2.2. Echelles de classification	188
1.2.3. Discussion	188

1.3. Profondeurs racinaires	191
1.3.1. Normes de classification	191
1.3.2. Echelles de classification	196
1.3.3. Discussion	197
1.4. Hauteurs des racines aériennes	201
1.4.1. Normes de classification	201
1.4.2. Echelles de classification	204
1.4.3. Discussion	205
2. Profils d'enracinement	211
2.1. Clés de classifications	212
2.1.1. Niveaux d'enracinement	212
2.1.2. Niveaux des obstacles hydro-mécaniques	213
2.1.3. Natures des accumulations dans les profils	214
2.1.4. Types de profils d'enracinement	219
2.2. Classifications des profils de Ouargla	220
2.3. Discussion	222
3. Conclusion	223
Conclusion générale	227
Bibliographie	233
Annexes	256
Glossaire	357
Table des tableaux	360
Table des figures	361
Table des photos	365