



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة باجي مختار-عنابة
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR-ANNABA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

THÈSE

PRÉSENTÉE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE DOCTORAT EN SCIENCES

OPTION : BIOLOGIE ANIMALE

Intitulé

**STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT DE QUATRE
DEPRESSIONS DUNAIRES DU NORD-EST ALGERIEN**

Présentée par : Mme : Benslimane Nouara

Devant le Jury:

Dr Habbachi Wafa	Présidente	Université Badji Mokhtar-Annaba
Pr. Samraoui Boudjéma	Directeur	Université Badji Mokhtar-Annaba
Pr. Chakri Khémisa	Co-Directeur	Université Badji Mokhtar-Annaba
Pr. Tadjine Aicha	Examinatrice	Université Chadli Bendjedid-El Tarf
Dr. Nedjah Riad	Examineur	Université 8 Mai 1945-Guelma
Dr. Touati Laid	Examineur	Université Frères Mentouri-Constantine 1

Année universitaire: 2018-2019

REMERCIEMENTS

Je remercie avant tout dieu le tout puissant, qui m'a aidé à réaliser ce travail

Mes chaleureux remerciements vont en particulier à mes deux directeurs de thèse Mr Samraoui Boudjéma, Professeur à l'université d'Annaba et Mme Chakri Khémisa, Professeur à l'université de Badji Mokhtar Annaba, qui m'ont guidé et orienté en prodiguant leurs conseils précieux et leurs encouragements. Je les remercie pour la confiance qu'ils m'ont accordée en me proposant ce travail.

Mes vifs remerciements à Madame Habbachi Wafa Maitre de Conférence A à l'université de Badji Mokhtar Annaba, malgré de multiples occupations, me fait l'honneur de présider ce jury. Je suis très sensible au fait qu'elle ait consacré une partie de son temps à examiner mon travail à la lumière de son expérience, à rédiger un rapport et à faire partie de mon jury.

Mes vifs remerciements et mes sentiments de sympathie vont également à Madame Tadjine Aicha, Professeur à l'université Tarf, Dr Nedjah Riad, Maitre de conférences A à l'université de Guelma et Dr Touati Laide Maitre de Conférence A à l'université de Frères Mentouri Constantine pour avoir accepté d'être rapporteurs de cette thèse, pour avoir jugé ce travail et pour leurs conseils importants.

Je remercie vivement Mme Chenafi Farrah, professeur à l'université de Guelma et directrice du laboratoire de recherche et de Conservation des Zones Humides de Guelma pour ses encouragements et son soutien tout au long de cette thèse.

Enfin, je tiens à exprimer toute ma gratitude à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation pratique de ce manuscrit comme : Mon père, Mr Zeghoum Tarik, Mme Hiahem, Mme Bouhala.

Toute ma gratitude va également aux personnes du laboratoire de Conservation des Zones Humides de Guelma, ainsi qu'à tous mes amis pour leurs soutiens et pour tous les bons moments passés ensemble : Morgade Faten, Dr Hafferessas, Dr Chrite, Dr Bouriache, Mme Mekki, Dr Athamnia, Dr Aiachia sans oublier Mme Baloudje.

DEDICACES

Au terme de ce travail, mes profondes dédicaces vont :

A mes chers parents.

A mon mari Zeghoum Tarik à mes petits princes Hadil, Aya, Iskander

A ma cher sœur : Samira et sa famille et surtout leurs enfants : Soujoude,

Abd Elghafour, Yakoub et Bailassen

A mes amies: Dalel, Zineb, Sara, Bisma, Mounira et Faten

A tous qui liront et apprécieront ce travail.



Nouara

Liste des tableaux

Tableau 1. Valeurs météorologiques moyennes de la région d'Annaba calculées pendant la période 1996 -2015.....	20
Tableau 2. Valeurs météorologiques moyennes de la région d'El Kala calculées pendant la période 1996 -2014.....	21
Tableau 3. Liste des espèces d'Hémiptères faunistiques inventoriés au niveau les sites pendant la période d'étude.....	55
Tableau 4. Localisation et l'abondance des espèces d'Hémiptères inventoriés au niveau les sites d'étude pendant la période d'étude.....	56
Tableau 5. Phénologie des Hémiptères.....	60
Tableau 6. Coefficients de similitude des sites étudiés durant les cinq cycles hydrologiques.....	91
Tableau 7. Coefficients de transformation après rotation Varimax.....	107
Tableau 8. Coordonnées des observations après rotation Varimax.....	108
Tableau 9. Pourcentage de changements dans les caractéristiques du paysage entre 1992 et 2015 autour de chacun sites d'étude.....	118

Liste des figures

Fig. 1. Géographique de la Numidie. Situations Orientale (Samraoui & Bélair, 1998).....	13
Fig. 2. Situation géographique du parc national d'El-Kala (Djebbari <i>et al</i> , 2009).....	14
Fig. 3. Situation des stations météorologiques pour le climat de la Numidie dans le climagramme d'Emberger.....	22
Fig. 4. Les précipitations et les températures moyennes de la région d'Annaba (1996-2015).....	23
Fig. 5. Les précipitations et les températures moyennes de la région d'El Kala (1996-2014).....	25
Fig. 6. Localisation géographique de l'aire d'étude sur photo satellite (Google Earth, 2016..	27
Fig. 7. Localisation des sites d'étude dans la Numidie.....	28
Fig. 8. Présentation photographique de sites d'étude : a). Dakhla, b). Estah.....	29
Fig. 8. Présentation photographiques de sites d'étude : b). Lac Bleu, d). La Saulaie.....	30
Fig. 9. Représentation photographique de : a). Corixidés (1), b). Gerridés (2), c). Belostomatidés (3).....	36
Fig. 10. Représentation photographique de <i>Gambusia holbrooki</i> (4).....	36
Fig. 11. L'abondance totale de taxons observée durant la période d'étude.....	48
Fig. 12. Pourcentages d'embranchement des taxa faunistiques dans les sites d'étude.....	48
Fig. 13. L'abondance totale de taxons observée dans les sites d'étude.....	49
Fig. 14. Pourcentages des taxa faunistiques dans les sites d'étude (a : tous les taxa)	49
Fig. 14. Pourcentages des taxa faunistiques dans les sites d'étude (b : les vertébrés, c : les invertébrés).....	50
Fig. 14. Pourcentages des taxa faunistiques dans les sites d'étude (d: les insectes)	51
Fig. 15. Pourcentages d'Hémiptères dans tous les taxa.....	54
Fig. 16. Pourcentages d'Hémiptères dans l'embranchement des Arthropodes.....	54

Fig. 17. Pourcentage d'espèces des Hémiptères dans les sites d'étude (a : tous les espèces, b : pourcentage des familles).....	57
Fig. 18. L'évolution de l'abondance d'espèces d'Hémiptères dans les sites d'étude (a : G. Dakhla, b : G. Estah).....	58
Fig. 18. L'évolution de l'abondance d'espèces d'Hémiptères dans les sites d'étude (c : Lac Bleu, d : la Saulaie).....	59
Fig. 19. Statuts des Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude pendant la période d'étude.....	64
Fig. 20. L'abondance totale des espèces d'Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude pendant la période d'étude.....	65
Fig. 21. L'abondance spatiale totale d'Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude.....	65
Fig. 22. Evolutions spatiotemporelle et l'écart type de l'abondance totale des espèces d'Hémiptères inventoriés dans les 4 sites d'étude.....	66
Fig. 23. Evolution spatiotemporelle et l'écart type de l'abondance totale d'Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude pendant la période d'étude (a: cycle hydrologique 1).....	66
Fig. 23. Evolution spatiotemporelle et l'écart type de l'abondance totale d'Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude pendant la période d'étude (b : cycle hydrologique 2, c : cycle hydrologique 3).....	67
Fig. 23. Evolution spatiotemporelle et l'écart type de l'abondance totale d'Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude pendant la période d'étude (d : cycle hydrologique 4, e : cycle hydrologique 5).....	68
Fig. 24. Evolution temporelle de la richesse d'Hémiptères inventories dans les sites d'étude.....	71
Fig. 25. Evolution spatiotemporelle de la richesse d'Hémiptères inventories dans les sites d'étude.....	71
Fig. 26. Evolution spatiale de la richesse d'Hémiptères inventories dans les sites d'étude....	72
Fig. 27. Evolution mensuelle de la richesse d'Hémiptères inventories dans les sites d'étude (a : cycle 1).....	72
Fig. 27. Evolution mensuelle de la richesse d'Hémiptères inventories dans les sites d'étude (b : cycle 2, c : cycle 3).....	73

Fig. 27. Evolution mensuelle de la richesse d'Hémiptères inventories dans les sites d'étude (d : cycle 4, e : cycle 5).....	74
Fig. 28. Evolution temporelle de la moyenne de l'indice de Shannon des 'espèce d'Hémiptères dans les sites d'étude pendant la période d'étude.....	77
Fig. 29. Evolution spatiotemporelle de l'indice de Shannon des espèces d'Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude pendant la période d'étude.....	77
Fig. 30. Evolution spatiotemporelle de l'indice de Shannon totale des espèces inventoriés dans les sites d'étude pendant La période d'étude (a : cycle 1, b : cycle2).....	78
Fig. 30. Evolution spatiotemporelle de l'indice de Shannon totale des espèces inventoriés dans les sites d'étude pendant La période d'étude (c : cycle 3, d : cycle 4).....	79
Fig. 30. Evolution spatiotemporelle de l'indice de Shannon totale des espèces inventoriés dans les sites d'étude pendant La période d'étude (e : cycle 5).....	80
Fig. 31. Evolution temporelle de la moyenne de l'indice de Margalef d'Hémiptère dans les sites d'étude.....	82
Fig. 32. Evolution spatiotemporelle de de l'indice de Margalef d'Hémiptères dans les sites d'étude.....	82
Fig. 33. Evolution spatiotemporelle de l'indice de Margalef totale d'Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude pendant la période d'étude (a : cycle 1, b : cycle 2).....	83
Fig. 33. Evolution spatiotemporelle de l'indice de Margalef totale d'Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude pendant la période d'étude (c : cycle 3, d : cycle 4).....	84
Fig. 33. Evolution spatiotemporelle de l'indice de Margalef totale d'Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude pendant la période d'étude (e : cycle 5).....	85
Fig. 34. Evolution temporelle de la moyenne de l'Equitabilité de Piélu total des taxa inventoriés dans les quatre sites d'étude pendant les cinq cycles hydrologiques.....	87
Fig. 35. Evolution spatiotemporelle de l'Equitabilité de Piélu total d'Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude pendant la période d'étude.....	87
Fig. 36. Evolution spatiotemporelle mensuelle de l'Equitabilité de Piélu total des espèces d'Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude pendant la période d'étude (a : cycle 1, b : cycle 2).....	88
Fig. 36. Evolution spatiotemporelle mensuelle de l'Equitabilité de Piélu total des espèces d'Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude pendant la période d'étude (c : cycle 3, d : cycle 4).....	89

Fig. 36. Evolution spatiotemporelle mensuelle de l'Equitabilité de Piélou totale des espèces d'Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude pendant la période d'étude (e : cycle 5).....	90
Fig. 37. Variation de la température de l'eau dans les sites d'étude pendant la période d'étude.....	94
Fig. 38. La corrélation entre la température de l'eau et l'abondance d'Héméptères récoltés (a : au mois de février).....	94
Fig. 38. La corrélation entre la température de l'eau et l'abondance d'Héméptères récoltés (b : au mois de mars, c : au mois d' août).....	95
Fig. 39. Evolution mensuelle de la température de l'eau dans les sites d'étude durant la période d'étude (a : cycle hydrologique 1, b : cycle hydrologique 2).....	96
Fig. 39. Evolution mensuelle de la température de l'eau dans les sites d'étude durant la période d'étude (c : cycle hydrologique 3, d : cycle hydrologique 4).....	97
Fig. 39. Evolution mensuelle de la température de l'eau dans les sites d'étude durant la période d'étude (e : cycle hydrologique 5).....	98
Fig. 40. Variation de la conductivité dans les sites étudiés pendant les 5 cycles hydrologiques.....	100
Fig. 41. Variation mensuelle de la conductivité des sites étudiés pendant 4 cycles hydrologiques (b : cycle 2).....	100
Fig. 41. Variation mensuelle de la conductivité des sites étudiés pendant 4 cycles hydrologiques (c : cycle 3, d : cycle 4).....	101
Fig. 41. Variation mensuelle de la conductivité des sites étudiés pendant 4 cycles hydrologiques (e : cycle 5).....	102
Fig. 42. Variation de la profondeur des sites étudiés pendant les trois derniers cycles hydrologiques.....	104
Fig. 43. Variation de la profondeur des sites étudiés pendant 3 cycles hydrologiques (c : cycle hydrologique 3).....	104
Fig. 43. Variation de la profondeur des sites étudiés pendant 3 cycles hydrologiques (d : cycle hydrologique 4, e : cycle hydrologique 5).....	105
Fig. 44. Analyse en composante principale (ACP) sur quatre sites et 18 espèces d'Hémiptères (a : Analyse entre les espèces et les sites, b : Analyse entre les sites et les paramètres physicochimique).....	109

Fig. 45. L'évolution temporelle de l'abondance de <i>Gambusia holbrooki</i> et L'Hémiptères	111
Fig. 46. L'évolution spatiale de l'abondance de <i>Gambusia holbrooki</i> et les Hémiptères (a : cycle 1).....	111
Fig. 46. L'évolution spatiale de l'abondance de <i>Gambusia holbrooki</i> et les Hémiptères (b: cycle 2, c: cycle 3).....	112
Fig. 46. L'évolution spatiale de l'abondance de <i>Gambusia holbrooki</i> et les Hémiptères (d : cycle 4, e : cycle 5).....	113
Fig. 47. L'impacte de <i>Gambusia</i> sur quelque espèces d'Hémiptères (a : Notonectidés, b : Corixidés).....	114
Fig. 47. L'impacte de <i>Gambusia</i> sur quelque espèces d'Hémiptères (c : <i>Hesperocorixa moesta</i> , d : Corrélation entre <i>Gambusia</i> et <i>Corixa affinis</i>).....	115
Fig. 48. Analyse Principale en Composante (ACP) réalisé sur quatre sites et 18 espèces d'Hémiptères (a: les espèces, b: les sites).....	117
Fig. 49. Changements de la couverture paysagère dans une zone de protection de 1 km autour du Lac Bleu et de la Saoulaie en 1992, 1999, 2007 et 2015.....	119
Fig. 50. Changements de la couverture paysagère dans une zone de protection de 1 km autour de G. Estah et de G. Dakhla en 1992, 1999, 2007 et 2015.....	120
Fig. 51. L'évolution spatiotemporelle de l'abondance de Belostomatidés.....	127
Fig. 52. L'évolution spatiotemporelle de l'abondance de Népidés.....	127
Fig. 53. L'évolution temporelle de l'abondance de Corixidés.....	128
Fig. 54. L'évolution spatiale de l'abondance de Corixidés.....	128
Fig. 55. L'évolution temporelle de l'abondance de Notonectidés.....	129
Fig. 56. L'évolution spatiale de l'abondance de Notonectidés.....	129
Fig. 57. L'évolution spatiale de l'abondance de Pleidés.....	130
Fig. 58. L'évolution spatial de l'abondance de Naucoridés.....	130
Fig. 59. L'évolution spatial de l'abondance de Gerridés.....	131
Fig. 60. L'évolution spatial de l'abondance de Mesoveliidae.....	131

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction	1
Chapitre 1 : Présentation de la zone d'étude	
1. Présentation de l'aire d'étude.....	6
1. 1. Généralités sur les zones humides.....	6
2. Fonctions et valeurs des zones humides.....	7
2. 1. Fonctions des zones humides.....	7
• Fonctions hydrologiques.....	7
• Fonctions biologiques.....	7
• Fonction d'abri, de repos et de refuge.....	7
• Fonctions climatiques.....	8
2. 2. Valeurs des zones humides.....	8
• Valeurs culturelles et sociales.....	8
• Valeurs économiques.....	8
2. 3. Diversités des zones humides algériennes d'importance internationale.....	8
3. Les menaces des zones humides de la Numidie.....	9
4. Présentations des sites d'études.....	10
4. 1. La Numidie.....	10
4. 2. Présentation de la région d'El Kala.....	11
4. 3. Présentation du Parc National d'El-Kaka.....	11
4. 3. 1. Eléments d'hydrologie.....	15
4. 3. 2. Eléments de climatologie.....	15
• La température de l'aire.....	16

• Pluviométrie	16
• L'humidité relative	16
• Les vents.....	16
4. 3. 3. Bioclimat	18
• Situation de la zone d'étude dans le climagramme d'Emberger.....	18
• Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson de la Numidie.....	18
4. Description des sites d'étude.....	25
4. 1. Garaet Estah.....	25
4. 2. Garaet. Dakhla.....	25
4. 3. Lac Bleu.....	25
4. 4. La Saulaie.....	26
5. Travaux menés sur les sites d'étude.....	26

Chapitre 2 : Matériels et méthodes

1. Matériel biologique.....	32
1. 1. Les macroinvertébrés.....	32
1. 2. Les Hémiptères.....	33
1. 2. 1. Généralité sur Hémiptères.....	33
1. 3. <i>Gambusia holbrooki</i>	35
1. 3. 1. Généralités	35
2. Méthode d'étude.....	37
2. 1. Matériels utilisé dans l'étude.....	37
2. 2. Sur le terrain.....	37
2. 2. 1. Choix des sites.....	37
2. 2. 2. Echantillonnage spatio-temporel de la faune aquatique.....	37
➤ Stratégie d'échantillonnage.....	38
2. 3. Au laboratoire	38
3. Méthode d'analyse des donnés.....	39

3. 1. Analyse physico-chimique.....	39
3. 1. 1. La température de l'eau.....	39
3. 1. 2. La conductivité.....	39
3. 1. 3. La profondeur de l'eau.....	40
3. 2. Surveillance de l'utilisation des terres et du changement de couverture.....	40
3. 3. Organisation d'un peuplement.....	40
3. 3. 1. L'abondance.....	41
3. 3. 2. La fréquence.....	41
3. 4. Structure d'un peuplement.....	41
3. 4. 1. Indice de Shannon-Weaver.....	42
3. 4. 2. L'Équitabilité.....	42
3. 4. 3. Richesse spécifique « S ».....	43
3. 4. 4. Indice de Margalef.....	43
3. 4. 5. Coefficient de Sorensen	43
3. 4. 6. Coefficient de Jaccard.....	43
3. 4. 7. Analyse en composantes principales	44
3. 4. 8. Statistiques des données.....	44

Chapitre 3 : Résultats et discussion

1. Analyse globale de la faune aquatique récoltée.....	46
1. 1. L'analyse de données de la faune aquatique.....	46
1. 1. 1. Composition globale de la faune aquatique.....	46
2. Analyse des Hémiptère récoltés	52
2. 1. Liste des espèces.....	52
2. 2. Localisation des espèces.....	52
2. 3. Composition globale des peuplements d'Hémiptères récolté.....	52
2. 4. L'évolution de l'abondance d'espèces d'Hémiptères dans les sites d'étude.....	53
2. 5. Evolution mensuelle d'Hémiptères inventoriés.....	53
3. Analyse biocénotique Hémiptères récoltée.....	61

3. 1. Organisation globales des peuplements des Hémiptères.....	61
3. 1. 1. Fréquence d'occurrence C (%).....	61
3. 1. 2. L'abondance	62
3. 2. La structure globale des peuplements d'Hémiptères.....	69
3. 2. 1. La richesse taxonomique.....	69
3. 2. 2. L'indice de Shannon.....	75
3. 2. 3. L'indice de Margalef.....	81
3. 2. 4. L'Equitabilité de Piélou.....	86
3. 3. La similarité entre les sites d'étude.....	91
3. 3. 1. Les indices de similarité l'indice de Sorensen et de Jaccard.....	91
4. L'influence de variables abiotiques et biotiques sur la distribution des Hémiptères.....	92
4. 1. L'analyse de données physicochimiques.....	92
4. 1. 1. La température de l'eau.....	93
4. 1. 2. La conductivité.....	99
4. 1. 3. La profondeur de l'eau.....	103
4. 2. L'analyse de l'influence de variables abiotiques sur la distribution des Hémiptère par l'ACP.....	106
4. 3. Influence de <i>Gambusia holbrooki</i> sur les Hémiptères.....	110
4. 3. 1. L'analyse de l'influence de <i>Gambusia holbrooki</i> par l'analyse principale en composante (ACP).....	116
4. 4. Empiètement humain et ruissellement agricole.....	118
5. Analyses qualitative et quantitative de la communauté d'Hémiptères.....	121
5. 1. Nepomorpha.....	121
5. 1. 1. Belostomatidés.....	121
5. 1. 2. Népidés.....	121
5. 1. 3. Corixidés.....	121
5. 1. 4. Notonectidés.....	124
5. 1. 5. Pleidés.....	124
5. 1. 6. Naucoridés.....	125
5. 2. Gerromorpha.....	125
5. 2. 1. Gerridés.....	125

5. 2. 2. Mesoveliidés.....	126
6. Discussion.....	132
6. 1. Poissons envahissants.....	136
6. 2. Empiètement humain et ruissellement agricole.....	138
6. 3. Changement climatique.....	140
6. 4. Conservation.....	141
Conclusion.....	144
Résumés.....	147
Références bibliographiques.....	151
Annexes	

Introduction

Les zones humides sont des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salé, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres selon la convention Ramsar (Dajoz, 2006). Elles sont considérées comme zones fragiles, riches en biodiversité et en endémisme et fortement sollicitées par l'homme pour leurs ressources en eau, en terre, en flore et en faune (Laurent, 2012). Elles constituent des milieux d'un très haut intérêt biologique et écologique et méritent d'être mis en valeur et préservés. Elles jouent un rôle majeur dans les équilibres biologiques globaux et produisent des biens de consommation.

Les zones humides sont ainsi de véritables infrastructures naturelles, se situent à l'interface entre le domaine terrestre et le domaine aquatique (Annani, 2013). Cette position intermédiaire dans le paysage et la diversité des formes que prennent les zones humides dans l'espace rendent difficile une définition précise (Grillas & Roché, 1997). Elles présentent une valeur écologique, économique et sociale considérable (Hyges & Hyges, 1992; Hecher & Tomas, 1995; Skinner & Zalewski, 1995; Samraoui & Bélair, 1998).

Sur le plan de la biodiversité et de la productivité naturelle, les zones humides se placent en seconde position après les forêts tropicales (Dajoz, 1975). Elles sont parmi les écosystèmes dont l'étude des habitats a connu un développement appréciable, à la fois comme paramètre d'interprétation écologique et élément essentiel des plans pour la conservation (Benhoussa *et al.*, 1999).

Toutefois, ces biotopes sont naturellement inégaux au sein du paysage terrestre, effet aggravé par la fragmentation de l'habitat et la perte due à l'action humaine (Mariano, 2006). De plus, ces milieux très hétérogènes, sont sensibles aux influences externes, particulièrement à celles qui affectent le cycle de l'eau (Skinner & Zalwaski, 1995; Zedler & Kercher, 2004; Ramade, 2005). Ainsi, les zones humides figurent en tête des écosystèmes naturels les plus menacés (Maman & Vienne, 2010).

Le complexe des zones humides de la Numidie algérienne qui fait partie de la Méditerranée est un important refuge pour la biodiversité (Samraoui & Bélair, 1997; 1998).

C'est l'un des complexes algériens qui contient des régions humides intéressantes et des aires importantes des oiseaux à désignation comme zones humides d'importance internationale selon la convention Ramsar. En outre, la Numidie offre une mosaïque d'habitats d'une grande variété, de couverture végétale et de salinité fournissant d'importants sites de reproduction ou d'hivernage pour les oiseaux de la région (Samraoui & Samraoui, 2008).

Les étangs qui font partie intégrante des zones humides, jouent un rôle majeur dans les cycles mondiaux (Downing, 2010) et fournissent des services écosystémiques essentiels (Céréghino *et al.*, 2014; Mitsch *et al.*, 2015). Les étangs temporaires se sont également imposés comme un lieu propice à la recherche écologique (Wilbur, 1997). En effet, leurs caractéristiques typiques, telles que les eaux peu profondes et la taille réduite, suggèrent un fonctionnement écologique distinct (Oertli *et al.*, 2002). Au cours des deux dernières décennies, les étangs temporaires sont devenus le centre d'un intérêt croissant pour la conservation des organismes aquatiques et de leurs habitats (Oertli *et al.*, 2005). Les dépressions sont parmi les écosystèmes les plus intéressants sur le plan biogéographique et écologique. Elles recèlent une richesse faunistique et floristique insoupçonnées, derniers sanctuaires d'une biodiversité relique afro-tropicale. Très peu d'études ont été réalisées sur les dépressions dunaires dans notre pays. Dans le cadre de leur recherche sur les eaux continentales algériennes, Gauthier (1928) et Gauthier-lièvre (1931) sont parmi les premiers à inventorier sommairement un nombre réduit d'étangs dunaires. Thomas (1975) a poursuivi systématiquement l'inventaire de la flore des dunes et a étudié la dynamique de la végétation des dunes littorales du nord-est algérien. L'importance et la richesse biologique des étangs dunaires de la Numidie Orientale peuvent être jugées suite aux études éco systématique, à long terme, ont été réalisées dans le cadre des travaux du Laboratoire de Recherche des Zones Humides (Université Badji Mokhtar Annaba) et du Laboratoire de Conservation des Zones Humides (Université de Guelma).

La biodiversité des eaux douces est menacée dans le monde entier car une population humaine croissante demande de plus en plus d'eau, alors qu'elle est régulièrement compromise par une série de facteurs de stress tels que la pollution, l'utilisation abusive et le changement climatique (Vörösmarty *et al.*, 2010; Bunn, 2016). Le taux élevé de déclin des espèces dans les écosystèmes d'eau douce peut les qualifier d'écosystèmes les plus menacés (Sala *et al.*, 2000; Dudgeon *et al.*, 2006).

Les macroinvertébrés forment une partie importante des écosystèmes d'eau douce. Ils servent de nourriture à plusieurs nombre de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux (Moisan *et al.*, 2008). La population d'insectes est très variée et riche, en particulier dans les zones stagnantes ou les ruisseaux (Ramdhane & Missaoui, 2001). Ils sont largement considérés comme l'un des meilleurs indicateurs biologiques pour évaluer les effets de pollution de l'eau sur les rivières et les ruisseaux (Vannote *et al.*, 1980; Hellawell, 1986; Rosenberg & Resch, 1993; Turak & Waddelle, 2001; Vanden-Bossche, 2005). Les travaux pionniers concernant la faune des eaux douces ont été réalisés par Gauthier (1928) sur la faune des eaux continentales d'Algérie et de Tunisie, de Vaillant (1955) sur la faune madicole d'Afrique du Nord, d'Aubert (1956) sur les Plécoptères et de Bertrand (1972) sur les Coléoptères.

En Algérie, à partir des années 80, des programmes d'études hydro biologiques furent lancés par les laboratoires des universités d'Alger, Tizi-Ouzou, Tlemcen, Annaba et Guelma. Les principales études connus sont ceux de Gagneur *et al.* (1986, 1988), Maliccky & Lounaci (1987), Ganeur & Gazeau (1988), Lounaci *et al.* (2000a, 2000b), Lounaci & Vinçon (2005), Moubayed *et al.* (1992, 2007), Thomas (1998), Thomas & Ganeur (1994), Samraoui *et al.* (1992, 1993, 2011, 2011b, 2012), Samraoui & Menai (1999), Zerguine *et al.* (2009), Chakri *et al.* (2010), Annani *et al.* (2012), Samraoui & Alfarhan (2015), Bouchelouche *et al.* (2015), Haiahem *et al.* (2017), Morghad *et al.* (2019).

Les insectes connaissent un déclin rapide dans le monde entier, avec des effets en cascade sur les réseaux trophiques (Thomas *et al.*, 2004; Conrad *et al.*, 2006; Hallmann *et al.*, 2017). La conservation des insectes a été entravée par un certain nombre d'obstacles, notamment des connaissances insuffisantes (Cardoso *et al.*, 2011; Dirzo *et al.*, 2014). Par exemple, les Hémiptères aquatiques sont considérés comme des bioindicateurs potentiels de la qualité de l'eau (Jansson, 1977; Savage, 1990) qui pourraient être utilisés dans la planification régionale ou mondiale de la conservation de la biodiversité des eaux douces (Polhemus & Polhemus, 2008), mais le statut et la connaissance de leur écologie restent encore fragmentaires (Papáček, 2001).

Comme cela a été démontré dans le monde entier (Brinson & Malvarez, 2002), les écosystèmes d'eau douce d'Afrique du Nord ont été soumis à des pressions anthropiques incessantes au cours des dernières décennies (Hollis, 1992; Bélair & Samraoui, 1994).

La perte et les modifications majeures des zones humides locales ont été associées à un déclin inquiétant concomitant de leur faune et flore (Samraoui *et al.*, 2012). En revanche, les efforts pour atténuer ces tendances à la baisse sont entravés par une connaissance insuffisante de l'état de la plupart des espèces. En outre, la dissémination à grande échelle de *Gambusia holbrooki* en tant qu'agent de lutte biologique dans l'ensemble de l'Algérie vis-à-vis d'un moustique de l'est du pays, a eu un impact négatif sur la faune indigène (Haiahem *et al.*, 2017).

Les premières recherches sur les Hémiptères aquatiques sont dues aux travaux de Poisson (1926, 1928, 1929a, b), de Poisson et Gauthier (1926) et à ceux de Eckerlein & Wagner (1965), au cours des trois dernières décennies, seules deux études systématiques sur les Hémiptères algériens ont été effectuées. Elles fournissent des informations indispensables sur la répartition, la phénologie et le statut de ce groupe d'insectes aquatiques très négligés (Tebibel, 1992; Annani *et al.*, 2012). L'étude des peuplements des Hémiptères des dépressions dunaires n'a pas été développée en Algérie. Cette étude reste donc un champ à explorer. Cette étude fait partie d'un programme de recherche sur les dépressions et les mares temporaires de la Numidie Orientale ; nord-est algérien, initié en 1995 par Pr. Boudjéma Samraoui, qui permettra de mieux comprendre la structure et le fonctionnement de ces écosystèmes dulçaquicoles ainsi que le changement intervenu au cours des dernières années.

Nous nous proposons d'étudier l'impact potentiel des facteurs de stress omniprésents (poissons envahissants, empiétement humain, pollution et changement climatique) de quatre dépressions dunaires dans le nord-est de l'Algérie en surveillant l'état de leur peuplement d'Hémiptères aquatiques sur une période de 17 ans, et d'élaborer des outils de gestion à même de conserver des écosystèmes de grandes valeurs écologiques.

Notre thèse est structurée en trois chapitres, elle débutera par une introduction qui sera suivie du premier chapitre (généralités sur les zones humides et présentations de la zone d'étude), vient ensuite le deuxième chapitre qui abordera le matériel et méthodes, ensuite les résultats et la discussion seront présentés dans un troisième chapitre. Enfin, nous terminerons par une conclusion où nous esquisserons une vision plus approfondie de ces milieux étudiés.

Chapitre 1

Généralités sur les zones humides et
Présentations de la zone d'étude

1. Présentation de l'aire d'étude

1. 1. Généralités sur les zones humides

Les zones humides sont situées à l'interface du milieu terrestre et du milieu aquatique, cette position d'écotone leur confère un fonctionnement singulier créant des conditions particulières très favorables à la biodiversité. Ce sont des terres de transition entre les systèmes terrestres et aquatiques, la nappe phréatique étant habituellement soit à la surface, soit à proximité ou alors le terrain étant couvert d'une couche d'eau peu profonde (Cowardin *et al.*, 1979).

Elles constituent des écosystèmes exceptionnels et font partie intégrante du cycle hydrologique, ces zones remplissent diverses fonctions leur attribuant une importance biologique, hydrologique, économique et sociologique remarquable (Dausse, 2006). Ces zones couvrent environ 6% de la planète et se rencontrent sous tous les climats. Les zones humides occupent une place importante à travers la planète. Ces milieux, sont non seulement exceptionnellement riche en biodiversité et extrêmement productifs, mais ils jouent également un rôle capital dans la conservation et la gestion des eaux douces. Elle sont classées parmi les écosystèmes les plus riches de la planète et elles hébergent en particulier de nombreux habitats et espèces rares ou menacées (Ferchichi *et al.*, 2010). Les zones humides font partie des écosystèmes qui ont besoin d'être gérés de façon à conserver leurs grande variété de valeurs et de fonctions (Fustec *et al.*, 2000). Aujourd'hui, l'Algérie compte 50 zones humides d'importance internationale, inscrites sur la liste de la convention de Ramsar sur la conservation des zones humides d'intérêt international, particulièrement comme habitat des oiseaux d'eau (Derradji *et al.*, 2013).

Les pressions anthropiques sur les milieux naturels agissent à diverses échelles temporelles en fonction de la durée de la perturbation et de la réponse des organismes. Elles peuvent mettre en jeu un ou plusieurs types de perturbations : perturbation courte (pollution accidentelle), perturbation longue (construction d'un barrage, changement climatique) ou perturbation de type catastrophe (Underwood, 1996).

2. Fonctions et valeurs des zones humides

2. 1. Fonctions des zones humides

Du point de vue fonctionnel, les zones humides participent à l'équilibre physique et écologique de l'ensemble des écosystèmes.

- **Fonctions hydrologiques**

Les zones humides fonctionnent comme un filtre épurateur, (filtre physique et biologique); elles favorisent le dépôt des sédiments y compris le piégeage d'éléments toxiques (les métaux lourds) et l'absorption de substances indésirables ou polluantes par les végétaux (nitrates et phosphates); contribuant ainsi à améliorer la qualité de l'eau (Fustec & Frochot, 1996).

Elles ont aussi un rôle déterminant dans la régulation des régimes hydrologiques. Le comportement des zones humides à l'échelle d'un bassin versant peut être assimilé à celui d'une éponge. Lorsqu'elles ne sont pas saturées en eau, les zones humides retardent globalement le ruissellement des eaux de pluies et le transfert immédiat des eaux superficielles vers les fleuves et les rivières situés en aval. Elles « absorbent » momentanément l'excès d'eau puis le restituent progressivement lors des périodes de sécheresse (Fustec & Frochot, 1996).

- **Fonctions biologiques**

Les zones humides constituent un réservoir de biodiversité et une source de nourriture pour divers organismes. Ces fonctions biologiques confèrent aux zones humides une extraordinaire capacité à produire de la matière vivante, elles se caractérisent par une productivité biologique nettement plus élevée que les autres milieux (Fustec & Frochot, 1996).

- **Fonction d'abri, de repos et de refuge**

Les zones humides qui s'échelonnent des régions arctiques à l'Afrique sont des haltes potentielles pour les migrateurs en transit par l'Europe de l'Ouest (Fustec *et al.*, 2000).

De nombreuses espèces végétales et animales y sont inféodées. Ce sont des lieux d'abri, de nourrissage et de reproduction pour de nombreuses espèces. Elles constituent des étapes migratoires, des lieux de reproduction ou d'hivernage pour de nombreuses espèces d'oiseaux aquatiques et de poissons (De Groot *et al.*, 2007).

- **Fonctions climatiques**

Les zones humides participent à la régulation des microclimats. Les précipitations et la température peuvent être influencées localement par les phénomènes d'évaporation intense d'eau, et de la végétation par le phénomène d'évapotranspiration. Elles peuvent ainsi tamponner les effets de sécheresse au bénéfice de certaines activités agricoles, donc elles jouent un rôle dans la stabilité du climat (Skinner & Zalewski, 1995).

2. 2. Valeurs des zones humides

- **Valeurs culturelles et sociales**

Ces écosystèmes participent à l'image de marque des régions où se trouve la zone humide. Leurs paysages de qualités et leurs richesses font d'elles un pôle d'attraction où se développent diverses activités récréatives et pédagogiques susceptibles de favoriser le développement local. Elles représentent un fantastique atout touristique (Fustec *et al.*, 2000).

- **Valeurs économiques**

Outre leur aspect patrimonial et écologique, les zones humides sont également des zones très productives ayant permis le développement de nombreuses activités professionnelles: saliculture, pêche, conchyliculture, etc. et une importante production agricole (Fustec *et al.*, 2000).

2. 3. Diversités des zones humides algériennes d'importance internationale

Les zones humides du Nord-est algérien se caractérisent par une biodiversité faunistique et floristique importante, et une grande diversité de milieux (marais inondé, lacs, salines) (Samraoui & Bélair, 1997).

La position géographique de l'Algérie, sa configuration physique et la diversité de son climat lui confèrent une importante richesse de zones humides. Sa configuration physique s'est traduite par l'existence de plusieurs types de climats sur lesquels l'influence méditerranéenne s'atténue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la mer. Ainsi dans la partie Nord-est de l'Algérie, la plus arrosée, renferme un complexe lacustre important, particulièrement, la région d'EL-Tarf composée en grande partie par la zone des lacs du parc National d'El-Kala qui constitue des milieux remarquables, et exceptionnels, tant par les fonctions écologiques qu'ils remplissent que, par la biodiversité qu'ils abritent (Gehu *et al.*, 1993; Samraoui *et al.*, 1998; Samraoui & Samraoui, 2008).

3. Les menaces des zones humides de la Numidie

Les zones humides sont écologiquement de grande valeur en raison de leur diversité biologique et de leur importante productivité (Whittaker & Likens, 1973; Gibbs, 1993; Casado & Montes, 1995), avec globalement des espèces aviaires menacées (avec risque d'extinction) qui sont dépendantes de ces écosystèmes (Green, 1996), ainsi que leur valeur économique, sociologique qui est aujourd'hui largement admise (Skinner & Zalewski, 1995). En effet, elles représentent des habitats d'hivernage et de reproduction qui se caractérisent par une grande diversité d'oiseaux, constituants également des escales indispensables à leur migration (Chokri *et al.*, 2008). Mais ces biotopes sont naturellement inégaux au sein du paysage terrestre, effet aggravé par la fragmentation de l'habitat et la perte due à l'action humaine (Mariano, 2006).

Actuellement, on assiste à une grande régression de ces zones humides suite à l'effet combiné des interventions humaines et des changements climatiques dans le monde entier. De nombreuses menaces pèsent sur les sites d'étude. Au cours des dix dernières années, les activités se sont multipliées et amplifiées. Les aires des étangs dunaires sont soumises à de fortes activités agricoles qui s'accompagnent de rejets de déchets et des pesticides. Les facteurs majeurs qui menacent la région d'El Kala sont:

Le pâturage : la région d'El Kala est très connue comme une zone d'élevage particulièrement pour les ovins et les bovins qui pâturent la végétation autour des berges des lacs.

L'agriculture : les terrains agricoles qui entourent les lacs sont utilisés pour la culture maraichère qui est très réputée dans la région du mois d'avril.

4. Présentations des sites d'études

4. 1. La Numidie

La Numidie, dans le nord-est de l'Algérie, présente une diversité des lacs, des étangs, des lagunes et des lacs d'eau douce et des marais saumâtres (Samraoui & Bélair, 1997, 1998). La région comprend une réserve de la biosphère, le Parc National d'El Kala et de nombreux sites Ramsar et zones importantes pour la conservation des oiseaux (Samraoui & Samraoui, 2008) (Fig. 1).

La région Méditerranéenne est riche en zones humides. Ces dernières occupent une superficie de 28500 km² dont 6500 km² de lagunes côtières, 12000 km² de lacs et marais naturel et jusqu'à 10000 km² de zones humides artificielles (Perace & Crivelli, 1994; Hecher *et al.*, 1996; Costa *et al.*, 1996). Elles ont été considérablement dégradées ou détruites au cours du XX siècle (Hecher & Tomas, 1995), à cause des projets d'assèchement pour augmenter les terres agricoles et l'installation d'infrastructures de base (cité urbaines, zones industrielles, espaces vert). Ce n'est que depuis quelques années que la communauté internationale a pris conscience de l'importance de ces milieux, et a décidée de les protéger en signant un ensemble de conventions internationales (Roux, 1976; Dugan, 1992; Tomas, 1996).

Le Nord-est algérien et plus particulièrement la région d'El-Kala possède un ensemble de zones humides unique au Maghreb par sa dimension et sa diversité : Lacs, étangs, marais... forment une mosaïque de biotopes remarquables où l'on peut voir côtoyer des espèces endémiques, boréales et tropicales dans un secteur qui rassemble plus de la moitié de la faune et de la flore aquatique du pays (Van Dijk & Ledant, 1980; Samraoui & Bélair, 1998).

Cet ensemble de zones humides sont réparties non seulement sur la zone côtière, mais également au niveau des Hauts Plateaux et du Sahara (Samraoui *et al.*, 2006a ; 2006b). Les stratégies d'actions dans la gestion des zones humides algériennes sont soutenues par des organisations internationales telles que la convention de Ramsar et l'Union Européenne (Programme Med Wet).

La Numidie abrite un ensemble de zones humides qui a pour limite septentrionale la méditerranée et pour limite méridionale et orientale les collines de l'Atlas tellien, coïncidant à l'Est avec la frontière algéro-tunisienne. Elle est divisée en deux grands complexes séparés par l'Oued Seybouse. La Numidie Orientale correspond à la limite morphologique définie par Marre (1992) comme l'extrémité du Tell (Samraoui & Bélair, 1998). Ce cordon dunaire occupant le littoral, renferme un grand nombre des zones humides exceptionnelles au Maghreb qui diffèrent par leur profondeur et salinité (Van dijk & Ledant, 1980). Avec une superficie de 156000 hectares, les zones de la Numidie Orientale forment le complexe humide le plus diversifié en Algérie (complexe des zones humides d'Annaba/El Kala). Elles renferment:

- Les deux marais: celui de la Mékhada (10 000 hectares) et le marais de Bourdim (25 hectares).

-Le Lac Oubeïra (endoréique ouvert): 2600 hectares.

-Le Lac Tonga (exoréique assimilable à écosystème palustre) : 2400 hectares.

-Le Lac Mellah (lagune): 873 hectares.

-Les trois petits lacs: le lac des Oiseaux: 70 hectares, le Lac Noir, et le Lac Bleu avec seulement 2 hectares de superficie (Samraoui & Bélair, 1998).

4. 2. Présentation de la région d'El Kala

Dans les environs de la ville d'El Kala au nord-est Algérien, il y a quelques zones humides extensives d'une grande importance ornithologique, et biologique (Van Dijk et Ledant, 1983). La région d'El-Kala est considérée comme la région la plus humide de l'Algérie.

4. 3. Présentation du Parc National d'El-Kaka

A l'extrémité nord-orientale de l'Algérie, se situe un ensemble de paysages, dont les étages bioclimatiques de végétations s'étendent du subhumide à l'humide. Cet ensemble a très rapidement attiré l'attention des instances nationales qui en ont érigé une partie (78400 ha) en P.N.E.K (80 km à l'Est d'Annaba) (Bélair, 1990).

Il figure parmi les zones protégées les plus prestigieuses de Méditerranée occidentale par un ensemble de conditions naturelles éminemment favorables à une richesse biologique peu commune, il constitue à ce titre un des hauts lieux relictuelles de l'histoire géographique et biogéographique de la région méditerranéenne (Benyacoub *et al.*, 2000).

Le Parc National d'El-Kala appartient à la partie Nord-est du tell algérien. Il est situé entre 36°55' et 36°90' et 08°16' et 08°43' E, et est limité :

- Au Nord par la Méditerranée ;
- Au Sud par les monts de la Medjerda ;
- A l'Est par la frontière Algéro-Tunisienne ;
- A l'Ouest par les plaines d'Annaba.

La limite ouest du Parc est tracée de façon à englober le bassin versant de l'Oued Bougous vers le sud et la ville d'El Tarf plus au nord, puis continue vers l'ouest parallèlement à la route N44 jusqu'au village de Bouteldja, et se prolonge vers le nord jusqu'à l'ouest du Cap Rosa. (Grimes, 2005) (Fig. 2).

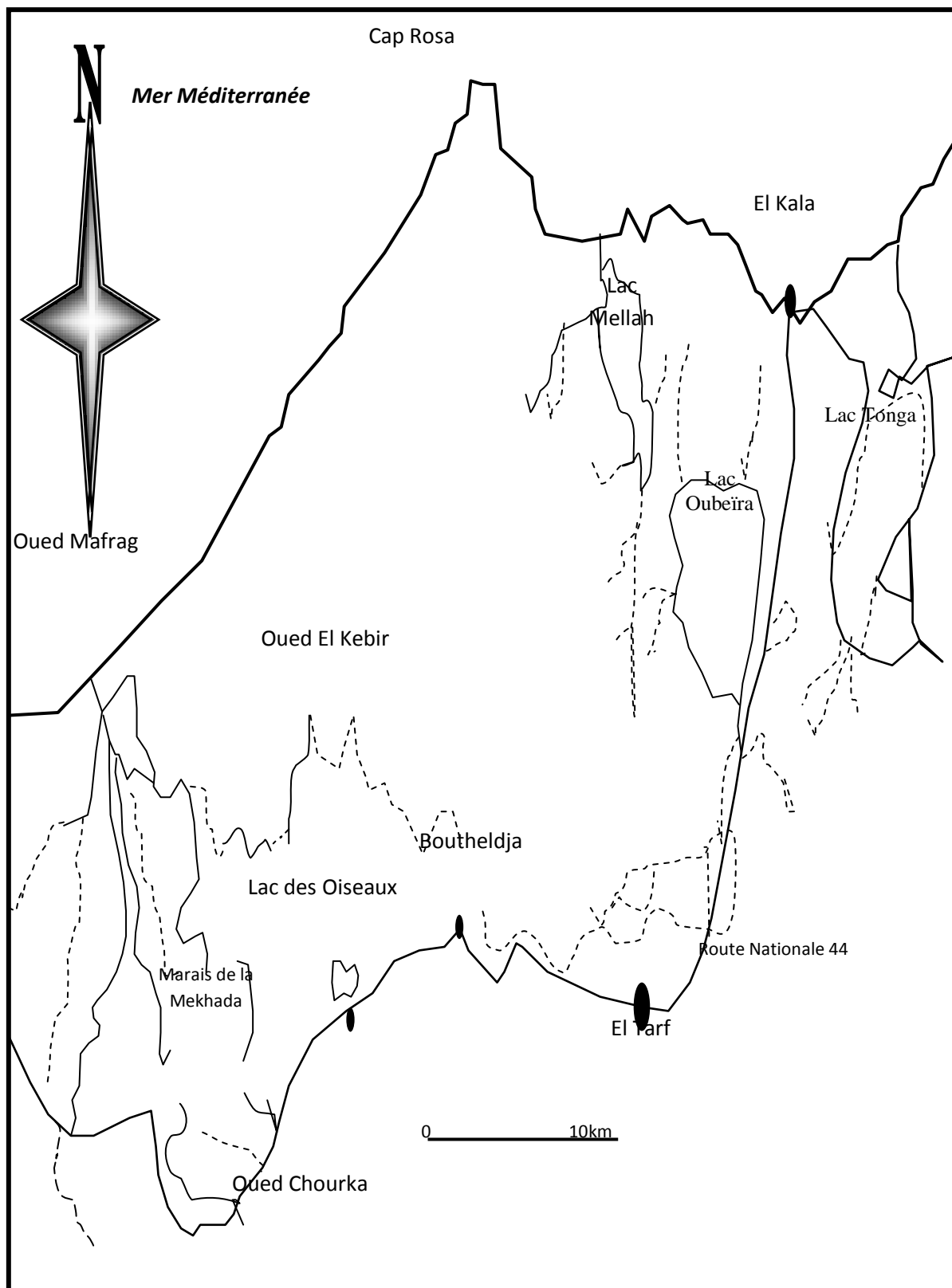


Fig. 1. Géographique de la Numidie. Situations Orientale (Samraoui & Bélair, 1998).

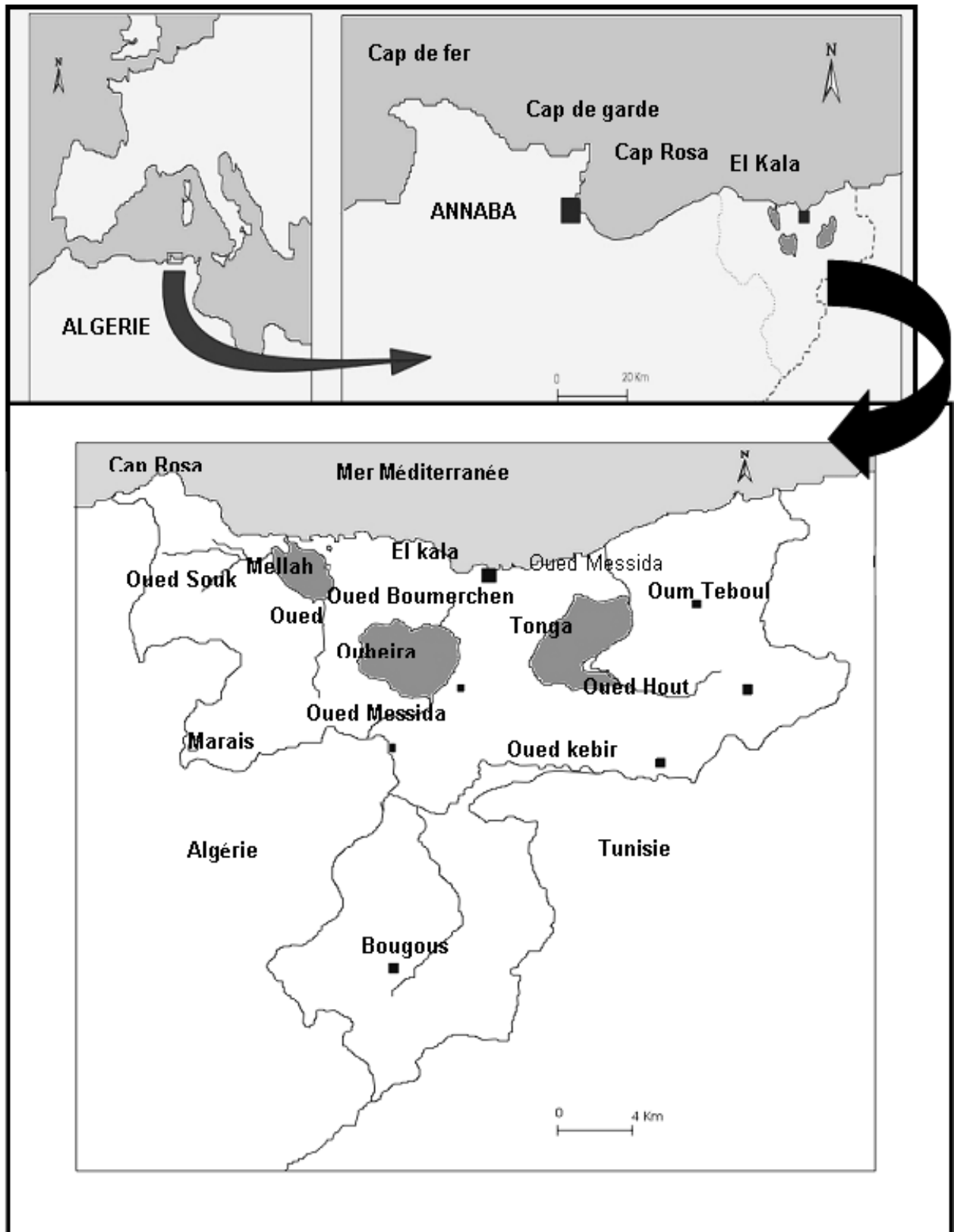


Fig. 2. Situation géographique du parc national d'El-Kala (Djebbari *et al*, 2009).

4. 3. 1. Eléments d'hydrologie

Le réseau hydrologique se caractérise par une grande complexité, le relief différentiel et la tectonique récente ont perturbé l'évolution du réseau hydrologique décomposé en plusieurs unités (Samraoui & Bélair, 1998).

4. 3. 2. Eléments de climatologie

Le climat, le sol, la végétation et la faune sont interdépendants et contribuent à former des écosystèmes existant dans un équilibre dynamique. Les facteurs d'ordre climatique et édaphique fixent la composition taxonomique, la structure et l'étendue de la biocénose (Duvignaud, 1980). Il est un ensemble de facteurs écologiques dont dépendent l'équilibre, le maintien et la distribution des êtres vivants (Faurie *et al.*, 1980). Le climat joue un rôle fondamental dans tout milieu naturel. De multiples études ayant été effectuée en ce domaine, nous nous limiterons à quelques notions. Le climat de la Numidie est typiquement méditerranéen, caractérisé par une saison des pluies douce et imprévisible entre octobre et avril (600–800 mm), et une saison chaude et sèche supérieure à 5 mois de mai à septembre (Samraoui & Bélair, 1997).

Quatre facteurs abiotiques, la température, les précipitations, la lumière et le vent, constituent les principaux éléments du climat, c'est-à-dire des conditions météorologiques propres à un endroit. La température et les précipitations sont particulièrement importantes dans la détermination de l'aire géographique des espèces (Combelle & Reec, 2004). Le climat est certainement un facteur du milieu très important. Il a une influence directe sur la faune et la flore. Un climat méditerranéen règne sur la région caractérisée par une pluviométrie abondante pendant la saison humide et les mois froids et par une sécheresse pendant l'été (Ozenda, 1982; Emberger, 1997; Samraoui & Bélair, 1998). Les différents facteurs climatiques n'agissent pas indépendamment les uns des autres. Pour en tenir compte, divers indices ont été proposés, principalement dans le but d'expliquer la répartition des êtres vivants. Les indices les plus employés font intervenir la température et la pluviosité qui sont les facteurs les plus importants et les mieux connus (Dajoz, 2003).

Nos sites d'étude menée dans la région de la Numidie Orientale sont distincts par leurs caractéristiques édaphiques et floristiques mais présentent une similitude de point de vue climatique et géologique. Ils s'insèrent dans le cordon dunaire qui s'étale de la Mafrague à la frontière tunisienne.

- **La température de l'aire**

Les populations et les biocénoses sont sous la dépendance des facteurs de leur environnement dont les principaux sont la précipitation et la température (Duvignaud, 1980). Les combinaisons relativement distinctes de la température et des précipitations déterminent les assemblages des espèces capables de survivre et de déterminer le type de peuplement faunistique (MacMahon, 1981). La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait, la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 1984). Elles conditionnent en effet, le cycle de développement et la croissance des espèces.

Selon Daget (1976), un mois est considéré comme chaud quand la température est supérieure à 20 °C. La température constitue un facteur essentiel ayant une grande influence sur le climat et sur le bilan hydrique car elle conditionne l'évaporation et l'évapotranspiration réelle. Elle est un paramètre dépendant de l'altitude, de la distance de la mer et de la topographie. Elle varie en fonction des saisons (Ozenda, 1982). La rapidité des processus biologiques augmente avec la température (Picchod & Frontier, 1991). Les mois les plus froids sont janvier et février pour la région d'El Kala et la région d'Annaba, alors que juillet et août constituent les mois les plus chauds pour les deux régions (Tableau 1, 2).

- **Pluviométrie**

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement des écosystèmes limniques soumis à des périodes d'assèchement et conditionnant l'écoulement saisonnier (Bedouh, 2014). Les précipitations sont régulées par trois autres facteurs : l'altitude, la longitude (elles augmentent de l'ouest vers l'est) et la distance à la mer (Seltzer, 1946).

Selon Seltzer (1946), les pluies qui tombent en Algérie sont pour la plupart influencées par le relief. Le mois de décembre est le mois le plus arrosé pour El Kala (80,54 mm) et Annaba (104,55 mm) (Tableaux 1, 2). Le climat méditerranéen se caractérise par des précipitations généralement faibles et mal réparties dans le temps.

- **L'humidité relative**

On appelle ainsi le contenu de l'air en vapeur d'eau, exprimé sous forme d'une pression partielle. La forte humidité de la région est causée par la forte évaporation de nombreuses zones humides et la proximité de la mer. Le taux de saturation de la vapeur d'eau dans l'air dépend essentiellement de la température (Pichod & Frontier, 1991). L'humidité de l'air atteint les valeurs les plus fortes au lever et au coucher du soleil, et habituellement durant les mois les plus froids (Janvier et Décembre). L'humidité moyenne annuelle est de 72% (Marre, 1987). Ce taux d'humidité est dû en premier lieu à la proximité du littoral et aussi à la présence d'une surface considérable des forêts et de zones humides (Samraoui & Bélair, 1998). La région d'El Kala généralement se situe à la proximité de la mer et s'entoure d'une très vaste gamme de zones humides, cela cause une très forte humidité régionale.

L'analyse des tableaux 1 et 2 révèle que l'humidité varie entre 52,94% et 58,55% pour la région d'Annaba dans la période 1996-2015, pour la région d'El Kala elle varie entre 76,58% et 69,29% durant la période 1996-2014 avec un maximum relevé pendant l'hiver. Elle atteint son maximum aux mois de janvier pour la région d'Annaba et d'El Kala, le minimum est enregistré au mois d'août pour les deux régions.

- **Les vents**

En période froide, le vent est cyclonique avec dominance de vents NW. En période chaude, le « creux » de fréquence des vents NW relativement constants tout au long de l'année est occupé par les vents du NE. Les premiers sont généralement porteurs des chutes cycloniques hivernales, les seconds accompagnent les anticyclones de l'été (Bélair & Samraoui, 1998). Les brises de mer et de terre interviennent également et sont particulièrement manifestes en périodes chaudes (Bélair & Samraoui, 1998) soufflées du SE principalement en été, elles assèchent l'atmosphère et favorisent avec les températures élevées les incendies des forêts (Bélair, 1990).

Dans les tableaux 1 et 2 figurent les moyennes des vitesses annuelles des vents et montre la variation de ces vitesses pour la région d'El-Kala et d'Annaba. Les vents les plus violents soufflent en automne et au début de l'hiver pour la région d'Annaba et en été et début de printemps pour la région d'El Kala. Une vitesse moyenne maximale de 10,8 m/s et 14,93 m/s enregistrée en septembre (période 1996-2015), et en août (période 1996-2014) respectivement de la région d'Annaba et d'El Kala.

3. 3. 4. Bioclimat

- **Situation de la zone d'étude dans le climagramme d'Emberger**

En 1955, Emberger a classé les climats méditerranéens en faisant intervenir deux facteurs essentiels : les précipitations et la température.

$$Q2 = 1000 P / (M+ m) \text{ } 1 / 2 (M- m)$$

Q2 : quotient pluviométrique.

P : précipitations moyennes annuelles.

M : température des maxima du mois le plus chaud en Kelvin (K°).

m : température des minima du mois le plus froid en Kelvin (K°).

Pour calculer Q et réaliser le diagramme ombrothermique de la région d'El-Kala, nous avons utilisé les données climatiques (la température, les précipitations) indiquées dans le tableau 2. Le quotient pluviométrique de la région d'El Kala est égal à 88,73 pour la région d'Annaba, il est de 112,89. En effet, les deux régions sont situées dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver chaud (Fig. 3).

- **Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de la Numidie**

Pour l'élaboration du diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен (1957), nous avons tenu compte des données climatiques bien précises qui sont les précipitations annuelles et les températures moyennes étalées sur plusieurs années des deux stations. Le but est de déterminer la période sèche et la période humide.

Les courbes ombrothermique (Fig. 4, 5) ainsi établies, nous ont permis de visualiser deux saisons distinctes :

- une saison sèche de mi-mars à mi-octobre pour la région d'Annaba et du mois d'avril à mi-octobre pour la région d'El Kala.
- une saison humide de mi-octobre à mi-mars pour la région d'Annaba, et de mi-octobre jusqu'à avril pour la région d'El Kala (Fig. 4, 5).

Tableau 1. Valeurs météorologiques moyennes de la région d'Annaba calculées pendant la période 1996 -2015. (**T**: Moyenne mensuelle de la température; **M**: Moyenne des températures maximales; **m**: Moyenne des températures minimales; **PP**: moyenne mensuelle des précipitations; **H**: moyenne mensuelle d'humidité; **V**: Moyenne mensuelle du vent).

Mois	Température (°C)			PP	H	V
	T	M	m			
Janvier	11,30	16,62	6,89	75,88	58,55	9,96
Février	11,15	16,42	6,45	84,78	58,25	9,69
Mars	13,33	18,89	8,12	62,31	58,03	9,57
Avril	15,63	21,32	10,05	51,32	57,53	9,63
Mai	18,82	24,51	13,05	50,14	55,66	9,61
Juin	22,60	28,34	16,52	9,64	54,19	9,72
Juillet	25,34	31,06	19,19	2,31	55,82	9,84
Août	25,93	31,69	20,05	9,57	52,94	9,78
Septembre	23,38	29,08	18,16	45,48	54,29	10,08
Octobre	20,32	26,50	15,12	54,59	56,34	10,03
Novembre	15,82	21,57	11,14	96,18	56,78	10,06
Décembre	12,28	17,72	7,81	104,55	58,14	9,97
Total général	17,90	23,55	12,63	54,34	56,37	9,83

Source : Station météorologique d'Annaba (1996-2015).

Tableau 2. Valeurs météorologiques moyennes de la région d'El Kala calculées pendant la période 1996 -2015. (**T**: Moyenne mensuelle de la température; **M**: Moyenne des

températures maximales; **m**: Moyenne des températures minimales; **PP**: moyenne mensuelle des précipitations; **H**: moyenne mensuelle d'humidités; **V**: Moyenne mensuelle du vent).

Mois	Température (°C)			PP	H	V
	T	M	m			
Janvier	13,01	16,22	9,07	61,51	76,58	12,78
Février	12,67	15,89	8,02	70,79	76,26	12,91
Mars	14,67	18,11	10,23	49,66	75,75	13,37
Avril	16,83	20,37	11,75	50,43	74,41	13,65
Mai	20,11	23,87	14,78	17,00	73,04	14,25
Juin	23,38	26,87	17,63	4,22	72,12	14,43
Juillet	26,89	30,36	20,77	1,09	71,44	14,93
Août	28,01	31,69	22,09	4,64	69,29	14,84
Septembre	24,35	27,98	19,24	50,94	73,57	14,20
Octobre	22,64	26,50	17,14	52,09	74,30	13,87
Novembre	17,60	20,97	13,49	76,07	75,88	12,80
Décembre	14,10	17,13	10,26	80,54	76,04	12,27
Total général	19,72	23,20	14,71	41,70	74,30	13,69

Source: Station météorologique d'El Kala (1996-2015).

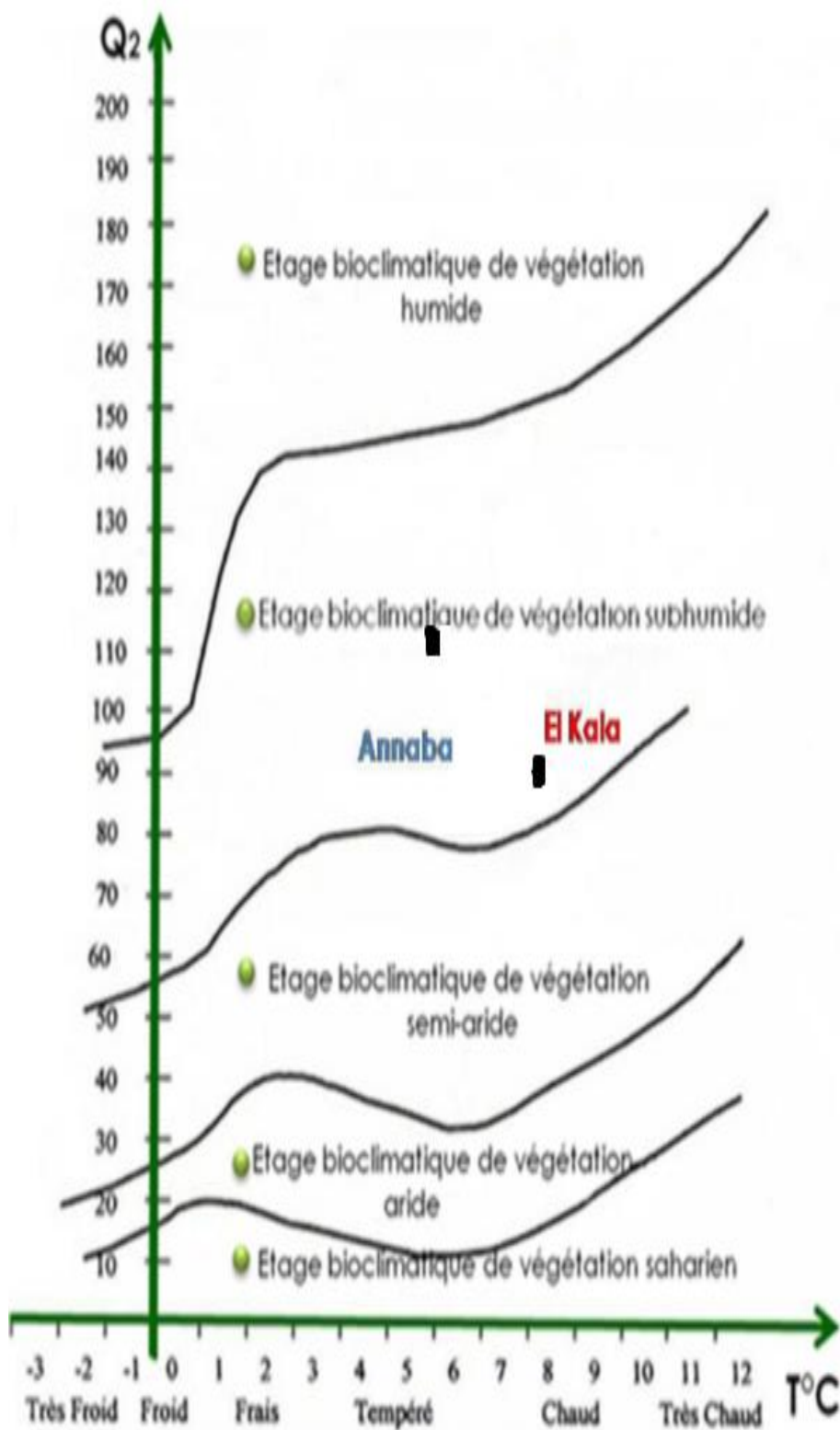


Fig. 3. Situation des stations météorologiques pour le climat de la Numidie dans le climagramme d'Emberger.

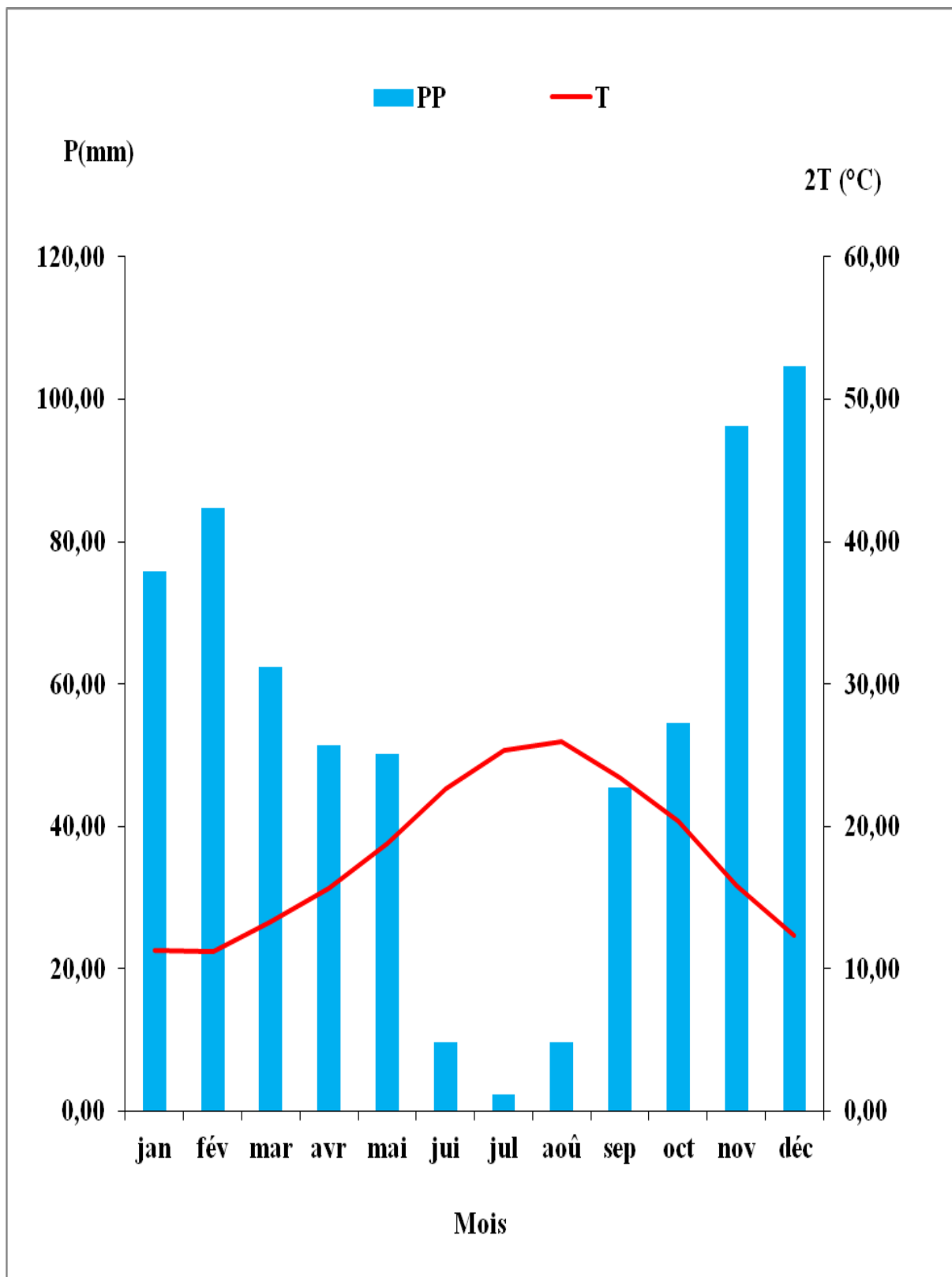


Fig. 4. Les précipitations et les températures moyennes de la région d'Annaba (1996-2015).

Source : Station météorologique des salines.

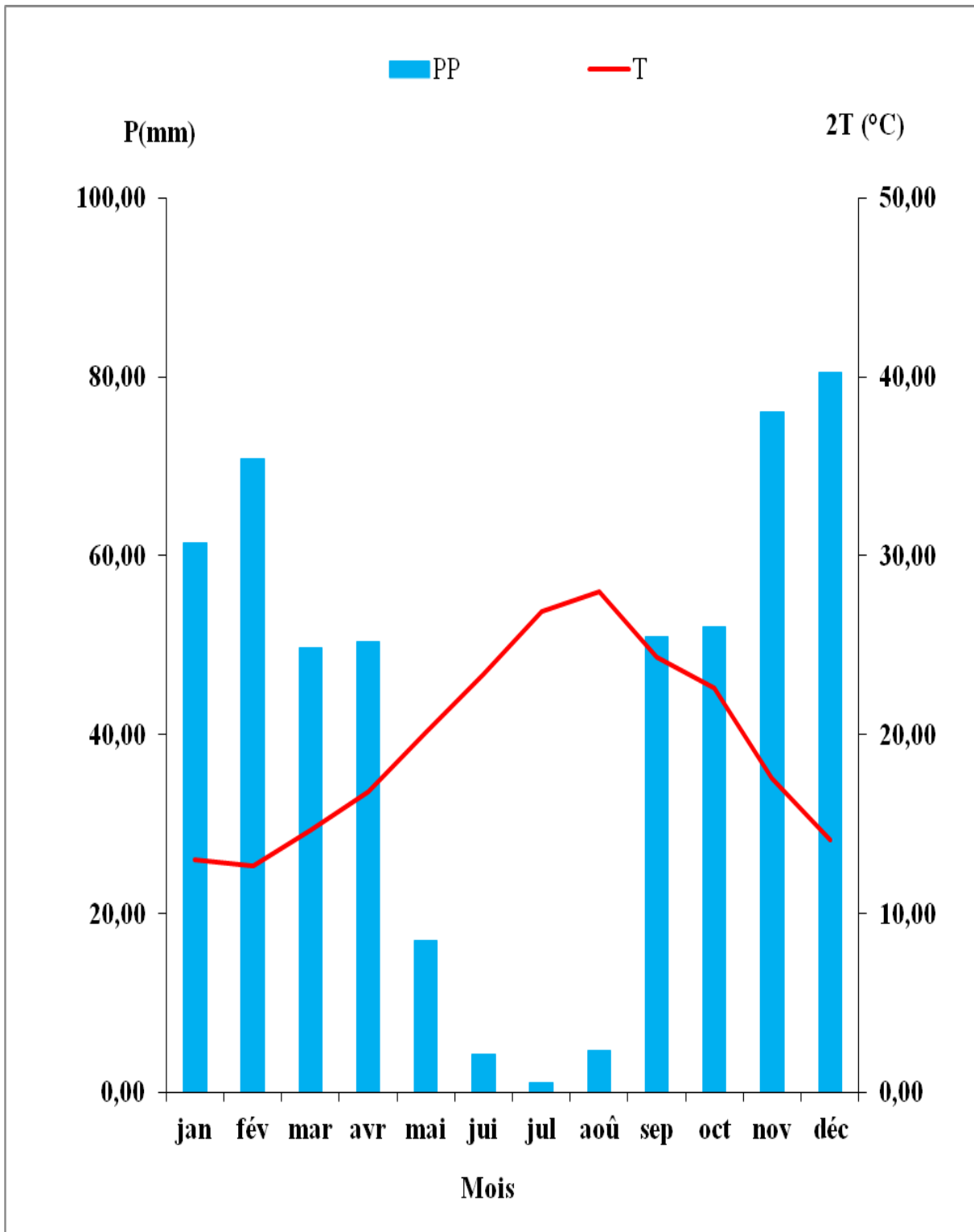


Fig. 5. Les précipitations et les températures moyennes de la région d'El Kala (1996-2014).
 Source : Station météorologique d'El Kala.

1. 4. Description des sites d'étude

Les figures 6 et 7 présentent une vue d'ensemble des sites d'étude dans la Numidie.

- **Garaet Estah**

Un étang dunaire temporaire couvert de *Nymphaea alba*, *Iris pseudoacorus*, *Scirpus lacustris*. Sa superficie est de l'ordre de 2 ha. G. Estah et G. Dakhla sont situées à quelques Kilomètres à l'est de l'embouchure de la Mafragh (Samraoui *et al.*, 2012). En raison de la proximité du marais de la Mekhada, un poisson *Gambusia holbrooki* non indigène était présent au début de la période d'échantillonnage (Benslimane *et al.*, 2019) (Fig. 8).

- **Garaet Dakhla**

Un étang dunaire temporaire adjacent au site précédent et dont la végétation aquatique est similaire à celle de G. Estah. La végétation de G. Dakhla se compose principalement de grands héliophytes, *Phragmites australis*, *Cladium mariscus*, et divers *Carex* (Samraoui *et al.*, 2012). La superficie de G. Dakhla 6 ha est nettement plus grande que celle de G. Estah. G. Estah et G. Dakhla sont caractérisées par des sols sablo-tourbeux, le substrat est un mélange de sables dunaires et de tourbes (Samraoui *et al.*, 2012) (Fig. 8) .

- **Lac Bleu**

Le lac est une dépression située dans une zone inter-dunaire, résultant probablement d'un assèchement du grand Lac Mellah. Il est cerné au Nord par Koudiet el Rhâr qui le sépare de la Méditerranée située à plus de 500 m; au Sud, à environ 1250 m par le village Bou Malek; au Sud-ouest par la Koudiat Aioun Erroumi, le séparant du Lac Mellah qui se trouve à peu près, à l'est par Koudiet Terch et enfin à l'Oued par la Koudiet el Achêch.

La Biodiversité végétale et animale devrait contraindre à prendre en considération un tel site menacé du même sort que le Lac Noir. Ce site est actuellement diversement agressé: forage et pompages faisant craindre pour la première fois son assèchement, destruction des écotones (disparition progressive de *Fimbristylis squarrosa*, *L'Oldenlandia capensis*, *d'Elatine hydropiper*), incendie de l'aulnaie et de la saulaie, utilisation de détergents et de lessives semblant modifier les eaux du lac vers une eutrophisation (apparition en 1997 de *Potamogeton trichoides*, caractéristique de pollution) (Samraoui & Bélair, 1998) (Fig. 8).

Un site protégé (site Ramsar) permanent situé dans le Parc Nationale de Kala, Le lac Bleu est l'un des dernières forteresses de l'espèce de poisson rare *Aphanius fasciatus* en Numidie.

- **La Saulaie**

Ce site marécageux est une dune temporaire, adjacente au lac Bleu. Et comme l'indique son nom, sa végétation est dominée par des Saules (*Salix atrocinerea*) et également par des Touradons de *Carex elata* (Samraoui *et al.*, 2012) (Fig. 8).

G. Estah et la Saulaie sont des étangs temporaires qui s'assèchent pendant les mois d'été et au début de l'automne alors que G. Dakhla ne s'assèche que pendant les sécheresses graves. G. Estah hébergeait *Gambusia holbrooki* au début de l'étude, tandis que les trois autres étangs étaient initialement dépourvus de *Gambusia holbrooki* jusqu'à leur envahissement en 2010 (Dakhla) et 2012 (Lac Bleu et la Saulaie).

5. Travaux menés sur les sites d'étude

Il faut signaler que plusieurs études ont été réalisées sur la Numidie Orientale dans notre pays. Une revue, de l'université d'Annaba synthèse dans le N° 4 publiée en décembre 1998, mentionne presque tous les travaux exploratoires menés sur les peuplements des zones humides de la Numidie Orientale. Plusieurs ouvrages et thèses abordent partiellement la biodiversité de la région.

Les dépressions dunaires ont fait l'objet de mémoires, de thèses et d'articles de la part des chercheurs du Laboratoire de Recherche des Zones Humides d'Annaba et le Laboratoire de Conservation des zones humide de Guelma.

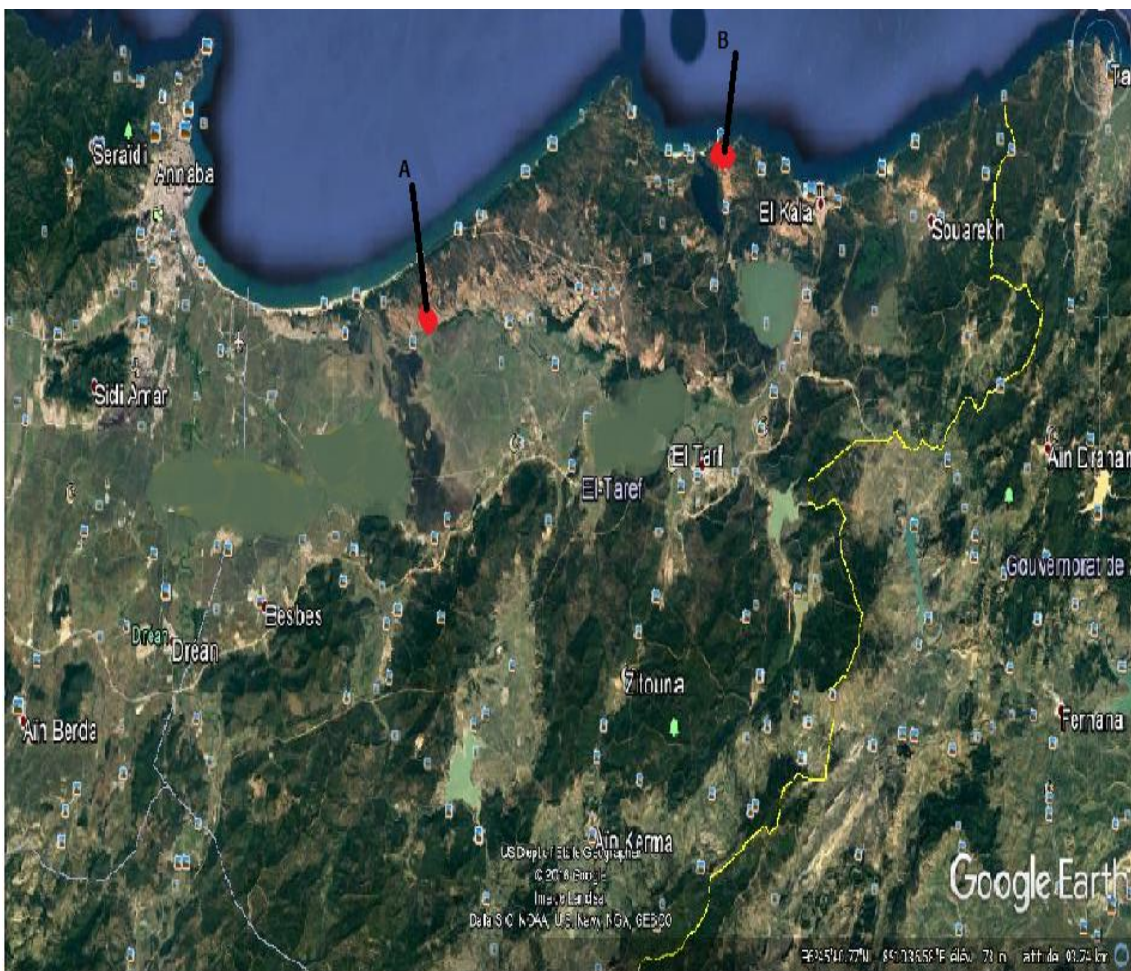


Fig. 6. Localisation géographique de l'aire d'étude sur photo satellite (Google Earth, 2016),
A : la région de G. Estah et G. Dakhla, B : la région du Lac Bleu et la Saulaie.

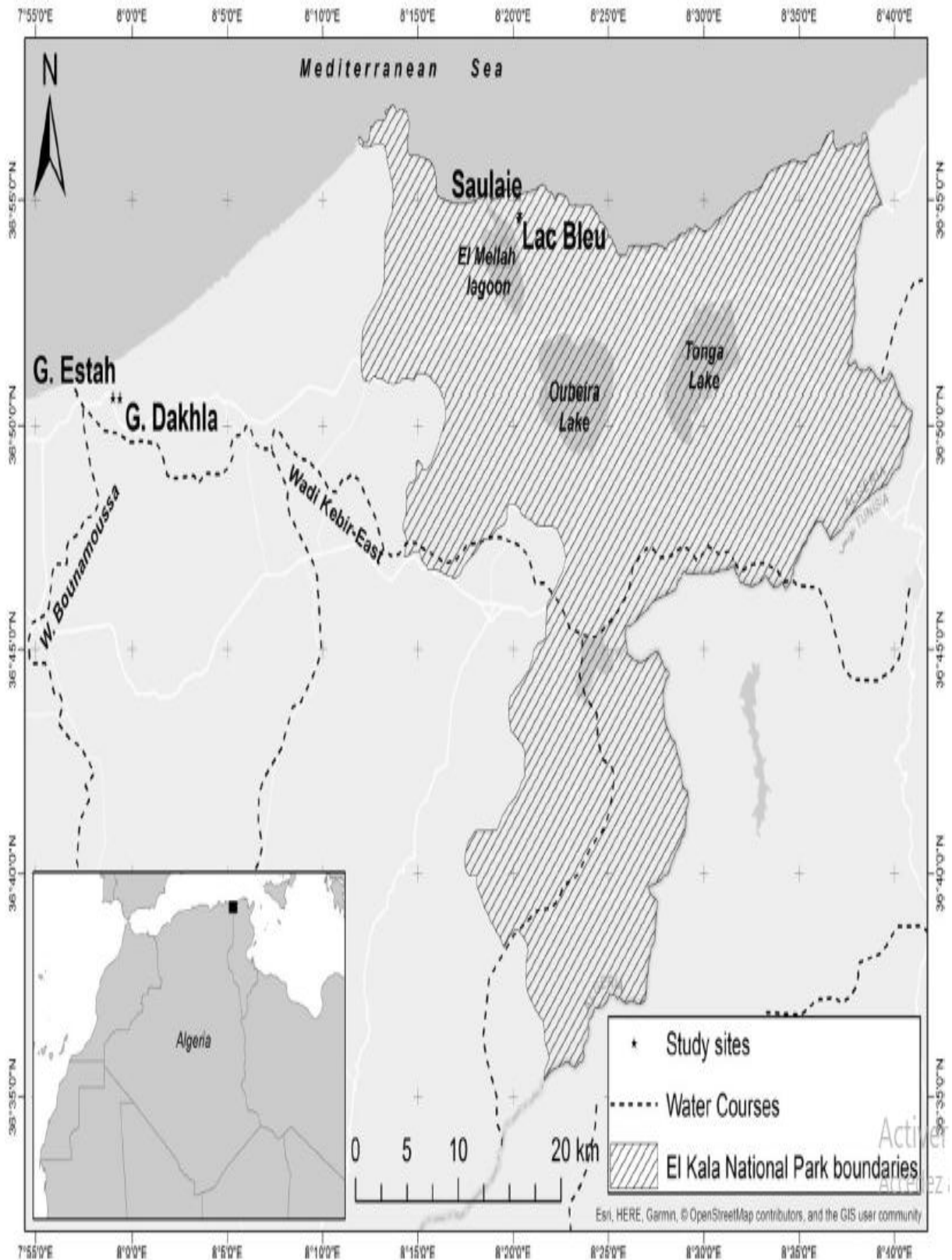


Fig. 7. Localisation des sites d'étude dans la Numidie (Benslimane *et al.*, 2019).

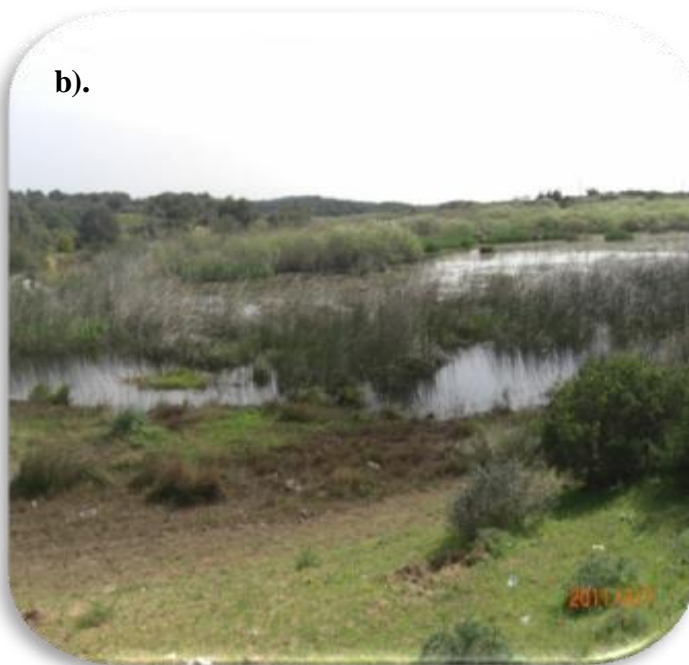


Fig. 8. Présentation photographique des sites d'étude : a). G. Dakhla, b). G. Estah (Photo prise par T. Zeghoum, 7/3/2012).



Fig. 8. Présentation photographique des sites d'étude : c). Lac Bleu, d). La Saulaie (Photo prise par T. Zeghoum, 7/3/2012).

Chapitre 2
Matériel et méthodes

1. Matériel biologique

1. 1. Les macroinvertébrés

Les macroinvertébrés sont de bons bioindicateurs en raison de leur sédentarité, leur grande diversité et leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat (Moisan & Pelletier, 2008). Ils reflètent bien l'état écologique du cours d'eau en réagissant très vite aux changements survenant dans leur environnement (Benmoussa *et al.*, 2014). Ce groupe biologique présente l'avantage d'être le plus souvent tributaire d'un milieu, de répondre rapidement aux stress et de constituer un des premiers maillons de la chaîne alimentaire des cours d'eau (Barbour *et al.*, 1999).

Les macroinvertébrés benthiques sont des organismes animaux visibles à l'œil nu tels que les insectes, les mollusques, les crustacés et les vers qui habitent le fond des cours d'eau et des lacs (Tachet *et al.*, 2010). Leur cycle de vie est relativement long, de l'ordre d'une année (Marchant, 1986). Ils forment un important maillon de la chaîne trophique des milieux aquatiques, car ils sont une source de nourriture primaire pour plusieurs espèces de poissons et d'oiseaux (Tachet *et al.*, 2010; Barbour & Gerritsen, 1996).

Les macroinvertébrés participent activement dans la transformation de la matière organique (décomposition des feuilles, bois,...). Les études faunistiques (invertébrés benthiques) et écologiques (répartition spatiale, structure des communautés) revêtent d'une importance primordiale dans la compréhension du fonctionnement et de la gestion des systèmes naturels et dans l'évaluation de l'état de santé des hydrosystèmes (Dakki, 1979).

Les macroinvertébrés sont à la base de nombreux indices biotiques pour la plupart basés sur l'abondance ou la richesse d'un certain nombre de groupes taxonomiques indicateurs (Tachet *et al.*, 2000). Les invertébrés aquatiques exploitent les débris de bois, les branches et les troncs d'arbres tombés dans l'eau créant des habitats. Le bois et la litière des feuilles peuvent être colonisés par les algues épiphytes et les champignons, qui servent de nourriture à de nombreux invertébrés (Parayre, 1997).

Les modes de vie des insectes aquatiques sont extrêmement variés. Certains passent toute leur vie au contact de l'eau, comme les *Gerris*, la plupart étant aquatiques à l'état larvaire mais terrestre et capable de voler à l'état adulte, comme les libellules ou les moustiques (Tachet *et al.*, 2000).

Notre étude a porté sur le peuplement faunistique qui est constamment soumis à la variabilité spatio-temporelle de l'environnement. Les variations observées dans la structure des peuplements dépendent donc des modifications des caractéristiques du milieu.

L'étude conjointe de la composition taxonomique et écologique des peuplements d'une part, et la description des conditions physico-chimiques du milieu d'autre part, permettent la compréhension de certains mécanismes (la prédation des poissons : *Gambusia holbrooki*) expliquant la présence ou l'absence de différents groupes d'espèces faunistiques et ainsi la prédiction de l'évolution des peuplements aquatiques.

Les peuplements aquatiques sont particulièrement intéressants dans notre étude qui est basée sur la détermination des différents groupes de la faune aquatique (Poissons, Amphibiens, Macroinvertébrés et particulièrement l'analyse des Hémiptères). La détermination de la structure et le fonctionnement des écosystèmes aquatiques peut être estimé à travers l'étude de la qualité de l'eau. Cette évaluation se base aussi sur la mesure des paramètres physico-chimique et sur des analyses de la macrofaune benthique.

1. 2. Les Hémiptères

1. 2. 1. Généralités sur les Hémiptères

Les Hémiptères constituent un ordre assez important d'insectes hémimétaboles dont une des principales caractéristiques consiste en un rostre piqueur-suceur. Ils sont divisés en deux sous-ordres: Homoptères et Hétéroptères. Les premiers forment un groupe à vrai dire assez hétérogène; cependant, chez ces insectes, les ailes antérieures (mésothoraciques) présentent une structure uniforme tandis que chez les Hétéroptères, ces mêmes ailes, appelées « hémélytres », sont nettement sclérifiées dans leur partie basale alors que la partie apicale reste membraneuse et translucide (membrane) (Dethier, 1985, 1986) (Fig. 9).

Les caractères distinctifs les plus saillants des Hétéroptères sont: des pièces buccales formant un rostre de type labial, piqueur-suceur, des ailes antérieures transformées en hémélytres et divisées en corium (opaque), membrane transparente et la présence fréquente d'une ou de deux glandes odoriférantes métathoraciques (provoquant l'odeur de Punaise). Les insectes appartenant à cet ordre ont, en outre, une tête libre mais très peu mobile, avec des antennes de 1 à 5 articles (Dethier, 1985, 1986). Le thorax est bien visible, sur tout le pronotum et le mésonotum qui se prolonge vers l'arrière par un scutellum.

Les pattes sont souvent d'égale longueur et portent des tarsi de 1 à 3 articles munis de 1 ou 2 griffes. L'abdomen comporte 10 segments (Dethier, 1985, 1986).

Parmi les Homoptères, on rencontre les Cigales, les Cicadelles et les Pucerons, on connaît actuellement quelque 25000 espèces (Dethier, 1985). La plupart des Hémiptères aquatiques et rupicoles sont prédateurs. Ils s'attaquent à d'autres organismes aquatiques (œufs, larves, adultes), insectes, acariens ou araignées ; les espèces les plus grandes ou les plus actives s'en prennent souvent aux alevins et aux têtards (*Nepa*, *Notonecta*), ils se nourrissent aussi volontiers d'insectes tombés à l'eau, surtout les *Gerromorpha*, et chez ces derniers la nécrophagie n'est pas rare (Dethier, 1985). On a souvent observé des phénomènes de cannibalisme, les larves jeunes constituant alors la nourriture des adultes. Nombre de Corixidae, en particulier les espèces de petite taille, présentent un régime mixte : à l'aide de leurs palettes, ils raclent le substrat et récoltent ainsi la microfaune benthique et les algues microscopiques dont ils se nourrissent (Dethier, 1985).

Les Hémiptères aquatiques sont à leur tour les proies de divers Poissons, plus rarement d'Oiseaux. Les Corixidae sont particulièrement intéressantes en pisciculture car certaines espèces forment parfois des bancs énormes et peuvent alors constituer une source appréciable de nourriture pour les Poissons. Plusieurs espèces s'attaquent à l'homme et certaines peuvent même transmettre des maladies graves (Dethier, 1985). Ils sont avant tout des insectes d'eau stagnante mais certaines espèces se rencontrent régulièrement dans les eaux courantes, les Punaises ont colonisé presque tous les milieux et de ce fait, présentent des adaptations fort diverses, parmi celles-ci, les adaptations à la vie aquatique sont des plus spectaculaires (Dethier, 1985). Ils sont l'un des ordres d'Insectes à avoir le mieux réussi ce « retour à l'eau » puisque 10% environ des espèces connues sont aquatiques (Dethier, 1985). La grande majorité de ces dernières sont dulçaquicoles mais les espèces marines ne sont pas rares (Andersen & Polhemus, 1976; Polhemus, 1976). La plupart de ces insectes colonise les eaux stagnantes, mais il existe des espèces d'eaux courantes, certaines espèces patinent à la surface des eaux (*Gerris*, *Velia*) ou même se tiennent le plus souvent sur les feuilles flottantes des Nénuphars et des Potamots (*Mesovelina*) (Dethier, 1985). D'autres nagent vigoureusement en pleine eau, parfois à grande profondeur (*Notonecta*, *Sigara*, *Micronecta*...), d'autres encore vivent plutôt sur le fond où les parties immergées des macrophytes (*Nepa*, *Ranatra*). Enfin, certains Hétéroptères, sans être aquatiques, vivent surtout au bord de l'eau ou recherchent en tous cas les terrains humides (Dethier, 1985).

1. 3. *Gambusia holbrooki*

1. 3. 1. Généralités

Elle est le prédateur naturel des moustiques (Vignes, 1995), d'insecte, de mollusques et de zooplancton (Hulbert & Mulla, 1981). La gambusie, *Gambusia holbrooki* a longtemps été confondue avec une espèce très proche *Gambusia affinis*. En effet, la taxonomie de *G. affinis* et *G. holbrooki* a considérablement changé au cours des années (Pyke, 2005). En 1979, ces deux espèces ont été classées en semi-espèces et finalement Wooten *et al.* (1988) proposèrent les premiers de distinguer deux espèces différentes, *G. holbrooki* (Girard, 1859) et *G. affinis* (Baird & Girard, 1853), sur la base de marqueurs génétiques.

Gambusia holbrooki (Girard, 1859) est un Poeciliidae (ordre des Cyprinodontiformes), originaire de l'Amérique du Nord (Spillmann, 1961; Ghrab & Bouattour, 1999). Cette famille présente 30 genre et 293 espèces (Nelson, 1994). Le nom générique *Gambusia* est dérivé d'un mot cubain Gambusino, ce qui signifie « rien, de peu d'importance ». En outre, en latin le mot signifie aussi « rien » (Clunie *et al.*, 2002 in Pyke, 2005) (Fig.10). Elle occupe les biotopes les plus divers (petits étangs, mares, oueds, etc.) à eaux claires ou troubles, douces ou saumâtres, caractérisés par un sol muni de végétation (Muss & Dahlstrom, 1981).

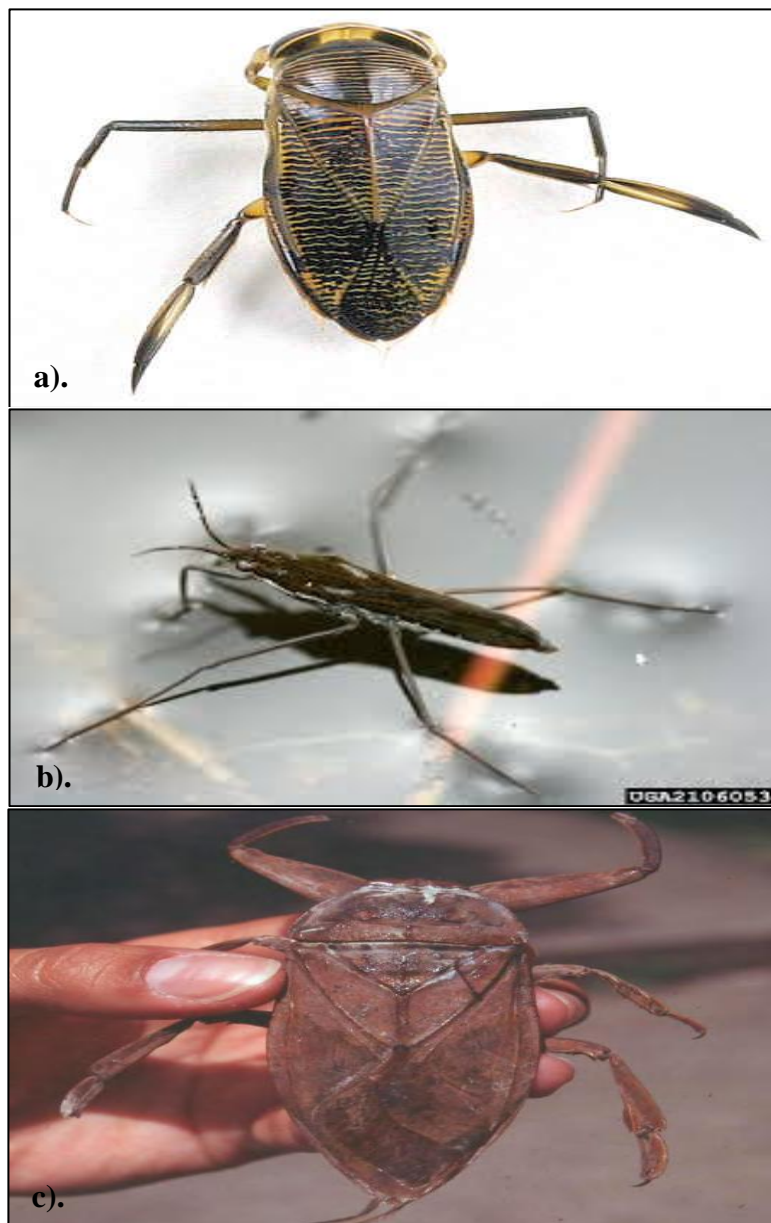


Fig. 9. Représentation photographique de : a). Corixidés [1], b). Gerridés [2], c). Belostomatidés [3].



Fig. 10. Représentation photographique de *Gambusia holbrooki* [4].

2. Méthodes d'étude

2. 1. Matériels utilisé dans l'étude

Nous avons utilisé un matériel standard pour l'étude de macroinvertébrés : un filet troubleau (filet à manche) à ouverture circulaire de 30 cm de diamètre et à mailles fines, des épingles entomologiques de différentes dimensions, des étiquettes, du polystyrène, des flacons en plastique et des verres de petite taille, du formol aldéhyde à 5%, une loupe binoculaire, un profondimètre, un conductimètre Hanna HI 8733 et des boîtes en bois à insectes pour la conservation des spécimens.

1. 2. Sur le terrain

1. 2. 1. Choix des sites

Il faut choisir méticuleusement les sites d'échantillonnages puisque la faune varie en fonction de l'habitat dans lequel on la retrouve. Nous avons choisi ce complexe de quatre dépressions dunaires sur la base de plusieurs critères:

- Les quatre sites appartiennent à la même région (Numidie Orientale). Ils partagent donc des conditions climatiques similaires;
- Les sites sélectionnés sont des étangs dunaires partageant le même substrat appartenant au cordon dunaire qui s'étend, pour la Numidie Orientale, de la Mafraghe à la frontière tunisienne;
- Il existe un gradient concernant la présence de poissons *Gambusia holbrooki*;
- La proximité de certains sites (Lac Bleu/Saulaie) et (G. Estah/G. Dakhla) (G: Garat) et l'éloignement de ces deux tandems respectifs;
- L'originalité et la richesse de la faune et la flore des étangs dunaires et la perspective de poursuivre des études sur ces sites.

1. 2. 2. Echantillonnage spatio-temporel de la faune aquatique

Nous avons privilégié les méthodes susceptibles de nous fournir une liste faunistique aussi exhaustive que possible afin d'évaluer l'impact potentiel des facteurs de stress omniprésents (poissons envahissants, empiétement humain, pollution et changement climatique) sur ces quatre étangs dunaires, en surveillant l'état de leurs communautés d'Hémiptères sur une période de 17 ans. En effet, ce travail est un projet ayant démarré, il y a plusieurs années et a fait l'objet d'un monitoring systématique.

➤ Stratégie d'échantillonnage

L'échantillonnage effectué au niveau de quatre sites a été mensuel s'étendant du mois de juin au mois de mai pendant les quatre cycles (cycle 1: juin 1996- mai 1997, cycle 2: juin 1997- mai 1998, cycle 3: juin 2010- mai 2011, cycle 4: juin 2011- mai 2012) et de novembre 2012 jusqu'à décembre 2013 pour le cycle 5.

Les prélèvements de la faune aquatique ont été réalisés sur une station de 50 m le long de la berge de chaque site à l'aide d'un filet à manche (grand épuisette, avec une ouverture de maille de 1mm). Les dix coups de filet étant effectués au milieu et en bordure des berges dans les parties à forte végétations aquatiques ainsi qu'au fond dans les parties boueuses et sableuses des dépressions dunaires.

Le contenu du filet est récupéré dans des flacons en plastiques étiquetées avec la date et le lieu de récolte et remplies de formol aldéhyde dilué à 5% pour conserver les espèces de la faune aquatique.

Sur les mêmes stations, chaque relevé est précédé par la mesure de la conductivité, la température de l'eau à l'aide un conductimètre et la profondeur du site (réalisée par un profondimètre). Il est important d'utiliser un même protocole d'échantillonnage pour les différents sites étudiés ce qui nous permettra de comparer les résultats obtenus.

2. 3. Au laboratoire

Nous avons réalisé le dépouillement et le dénombrement des spécimens faunistiques récoltés de chaque station. Les insectes de petites tailles, les larves, les poissons ainsi que d'autres invertébrés sont conservés dans des petits flacons en plastique remplis de formol aldéhyde à 5%. Les insectes adultes tels que les Coléoptères et les Hémiptères sont épinglés sur des plaques de polystyrène avec pour chaque individu est mentionné le genre et l'espèce, la date et la station de récolte et conservés dans des boites de collection.

Les espèces animales sont identifiées sous une loupe binoculaire (10×40) grâce aux guides suivant: Tachet *et al.* (2000); Moisan *et al.* (2010) et Engellardt *et al.* (1998) et aux spécimens identifiés par le professeur Boudjéma Samraoui et déposés dans la collection de référence du Laboratoire de Conservation des Zones Humides.

3. Méthode d'analyse des données

3. 1. Analyse physico-chimique

L'eau présente un nombre de propriétés physiques et chimiques qui interviennent de manière déterminante dans la distribution des espèces. Pour cela, nous avons choisi les caractéristiques qui reflètent mieux les conditions naturelles des milieux étudiés. Ces caractéristiques sont:

3. 1. 1. La température de l'eau

La température de l'eau joue un rôle important dans la majorité des insectes aquatiques : elle peut également agir sur la localisation et la répartition géographique des espèces et la densité des populations (Dajoz, 1985; Samraoui *et al.*, 1993). La majorité des paramètres physicochimiques sont dépendants de la température (Nemoraw, 1985). Elle varie en fonction de la température extérieure (l'aire), des saisons, de la nature géologique, de la profondeur et du niveau d'eau par rapport à la surface du sol (Gaujou, 1995). L'augmentation de la température de l'eau joue également un rôle sur l'activité des insectes, en déclenchant des vagues d'envol et de migration chez les Corixidae (Thiéry, 1997). Selon Angelier (2000), la température de l'eau est un facteur écologique primordial dans les eaux courantes.

La température intervient non seulement par sa valeur moyenne mais aussi par ses fluctuations qui peuvent être nécessaires pour lever les dormances des graines parfois en combinaison avec la lumière (Grillas & Roche, 1997). La mesure de la température de l'eau est très utile pour les études limnologiques car elle joue un rôle dans la solubilité des gaz, notamment l'oxygène, la détermination du pH et la dissociation des sels (Rodier, 1996).

La température de l'eau a été mesurée mensuellement sur site grâce à un conductimètre Hanna HI 8733.

3. 1. 2. La conductivité

La conductivité de l'eau est un paramètre très important sur la dynamique des peuplements, c'est un facteur physique d'importance très variable dans les mares (Grillas & Roche, 1997). Elle est proportionnelle à la quantité des sels ionisables dissous, constitue une bonne indication du degré de minéralisation des eaux (Rodier *et al.*, 1996).

La plupart des invertébrés d'eau douce ne survivent pas à des conductivités supérieures à 1, 5 - 2 ms/cm (Thiéry, 1997). Elle se mesure à l'aide d'un conductimètre à chaque prélèvement. Sa mesure consiste à plonger la sonde dans le milieu à analyser tout en la remuant légèrement avec soin et attendre que la lecture se stabilise, après utilisation, les sondes doivent être rincées.

3. 1. 3. La profondeur de l'eau

L'eau est l'élément essentiel le plus structurant pour le fonctionnement des écosystèmes. La profondeur de l'eau influence le réchauffement des eaux et donc l'installation et la prolifération de la faune et de la flore thermophiles (Chaibe *et al*, 1997).

Les mesures de la profondeur sont effectuées à chaque prélèvement in situ dans quelque points sur le long et à l'intérieure du site, à l'aide un profondimètre.

3. 1. 2. Surveillance de l'utilisation des terres et du changement de couverture

La dynamique spatio-temporelle de l'utilisation des sols et de la couverture végétale (LULC) dans et autour des sites étudiés (en utilisant 1 km de buffer zone) ont été évalués à l'aide d'outils d'observation de la Terre (OT). Ainsi, sur la base de la série temporelle Landsat, couvrant 4 ans (1992, 1999, 2007 et 2015), il était possible de produire du LULC des cartes utilisant une approche basée sur les objets (segmentation et classification des images) et mettant en œuvre un système de nomenclature hybride intégrant tous les habitats de zones humides (selon les définitions de Ramsar) dans la couverture terrestre de CORINE typologie. Tous les produits résultants ont ensuite été intégrés en un système d'information géographique (SIG) et différents indicateurs, liés aux étendues d'habitat et à leurs tendances, ont été calculés et utilisés pour d'autres analyses statistiques. Tous les flux de traitement d'images satellites ont été réalisés à l'aide du logiciel GEO classifir 1.4.8 (Jena Optronik GmbH 2018) et des analyses spatiales ArcGIS 10, 3TM (2014) (Benslimane *et al.*, 2019).

3. 3. Organisation d'un peuplement

Les peuplements qui constituent une biocénose peuvent se définir quantitativement par un ensemble de descripteurs qui prennent en considération l'importance des espèces qu'ils comportent, il est possible de décrire la structure de la biocénose toute entière à travers des paramètres tels que la richesse spécifique, etc. (Ramade, 1984).

3. 3. 1. L'abondance

L'abondance des espèces animales correspond au nombre total d'individus échantillonnés (pour chaque espèce), pour les espèces végétales, elles peuvent être évaluées à partir du pourcentage de la surface du sol couvert par les individus de chaque espèce (Pichod & Frontier, 1991). L'abondance ou la richesse des espèces a changé au fil du temps et ont été donc lié à l'ordre du cycle.

3. 3. 2. La fréquence

Elle s'exprime par le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée. Elle peut s'exprimer en pourcentage à partir du rapport suivant:

$$C = P^* \cdot 100/P$$

p^* : Le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée.

P: Le nombre total de relevés effectués (Ramade, 1984).

Bigot et Bodot (1973) distinguent cinq catégories d'espèces selon leur constance :

$C = 100\%$ Espèce omniprésente.

$50\% < C < 100\%$ Espèce constante.

$25\% < C < 49\%$ Espèce accessoire.

$10\% < C < 24\%$ Espèce accidentelle.

$C < 10\%$ Espèce très accidentelle (sporadique).

3. 4. Structure d'un peuplement

La structure d'un peuplement exprime le mode de distribution des individus parmi les espèces qui composent le peuplement, c'est-à-dire l'organisation du tableau espèces-relevés.

L'étude de ce mode de répartition peut être fait par:

- L'analyse des distributions d'abondance (modèle de Preston, Motomura, Mac Arthur).
- Au moyen d'indices synthétiques de diversité (Southwood, 1978).

- La diversité d'un peuplement s'exprime aussi par le nombre d'espèces présentes (richesse spécifique).

Il existe divers indices de diversité dont la formulation plus ou moins complexe permet de comparer entre eux des peuplements et de voir comment ceux-ci évoluent dans l'espace et dans le temps.

3. 4. 1. Indice de Shannon-Weaver

Cet indice est dérivé de la théorie de l'information élaboré par Shannon en 1948. L'idée de base est qu'un événement apporte d'autant plus d'information que sa probabilité d'occurrence est faible, et inversement. Cet indice mesure le degré et le niveau de complexité d'un peuplement, plus il est élevé, plus il correspond à un peuplement composé d'un nombre d'espèces avec plus ou moins la même représentativité (Shannon & Weaver, 1963).

L'indice de Shannon tient en compte de l'abondance des espèces. Il s'exprime par:

$$H = -\sum p_i \log_2 (p_i) \text{ (Shannon \& Weaver, 1963)}$$

p_i : n_i/N (Abondance relative de chaque espèce).

n_i : l'abondance de l'espèce.

N : Nombre total des relevés.

De tous les indices, la formule de Shannon-Weaver est l'indice le plus utilisé, il exprime le mieux la diversité des peuplements, il présente l'avantage de n'être subordonné à aucune hypothèse préalable sur la distribution des espèces et des individus (Blondel, 1979; Legendre & Legendre, 1979; Barbault, 1981).

3. 4. 2. L'Équitabilité

Les valeurs de l'indice de diversité connaissent des déséquilibres qui peuvent être appréciés par l'indice d'Équitabilité (É). L'Équitabilité sert à comparer la diversité de deux peuplements ayant des richesses spécifiques différentes (Ramade, 1984).

$$\text{É} = H/H_{\text{max}}$$

D'où : H_{max} est la diversité maximale.

$$H_{\text{max}} = \log_2.S$$

H : indice de diversité.

S : richesse spécifique.

Par exemple la valeur de $E = 1$, ceci traduit un peuplement plus équilibré.

3. 4. 3. Richesse spécifique « S »

Une mesure insuffisamment précise de la composition quantitative d'un peuplement, la richesse spécifique décrite par Blondel en 1975 est le nombre total d'espèces rencontrées d'un peuplement. Ce paramètre renseigne sur la qualité du milieu ; plus le peuplement est riche plus le milieu est complexe et donc stable, ce paramètre donne une place très importante aux espèces rares (Faurie *et al.*, 2003).

3. 4. 4. Indice de Margalef

$D_{mg} = (S-1)/\ln N$ (Margalef, 1951).

S : richesse spécifique par relevé.

N : nombre total d'individus.

La similarité entre les sites est exprimée selon les coefficients suivants :

3. 4. 5. Coefficient de Sorensen

$C_s = 2C / (S_1 + S_2)$ (Sorensen, 1948).

3. 4. 6. Coefficient de Jaccard

Il compare la présence-absence des taxons au sein des peuplements:

$C_j = C / (S_1 + S_2) - C$

S_1 : richesse spécifique du site 1,

S_2 : richesse spécifique du site 2,

C : nombres d'espèces communes aux deux sites,

Cet indice exprime simplement le pourcentage d'espèces présentes en commun dans les deux sites 1 et 2, il varie de 0 à 1 (Fermignac *et al.*, 2008).

1. 4. 7. Analyse en Composantes Principales

C'est une méthode d'ordination des relevés ou de description des structures inter variables, utilisée dès que les variables sont quantitatives et transcrites dans des unités très diversifiées (Legendre & Legendre, 1979). Le point de départ de l'analyse est un tableau brut des données, où les relevés sont représentés par des colonnes et les espèces par ligne ou l'inverse. Chaque intersection relevé-espèce indique la présence ou l'absence de l'espèce. Le nuage de points représenté soit par les relevés soit par les espèces dans l'espace multidimensionnel est caractérisé par des directions d'allongement privilégiées.

Il s'agit par la suite d'axes factoriels qui contiennent une certaine proportion de l'information totale des données. Le premier axe contenant le maximum de l'information, le second un peu moins ainsi de suite jusqu'au dernier axe, sur ces axes pris deux à deux sont réalisées des projections de points relevés ou points espèces, les valeurs propres et taux d'inertie qui quantifient la part de l'information expliqué par les différents axes, permettent de décider du nombre d'axes à retenir (Chessel & Bournaud, 1987).

3. 4. 8. Statistiques

Nous avons calculé les moyennes et les écarts types pour les différents paramètres étudiées avec le Microsoft Excel 2013.

La structure de la communauté d'Hémiptère a été étudiée selon la richesse en espèces et les indices de diversités. Des régressions linéaires ont été utilisées pour déterminer si l'abondance totale ou la richesse en espèces des hémiptères change avec la présence/absence de *Gambusia holbrooki*.

Les analyses statistiques suivantes ont été effectuées avec le logiciel SPSS version 22.

Les analyses statistiques, y compris une analyse en composantes principales (ACP) ont été effectuées à l'aide du R (R DevelopmentCore Team 2017).

Nous avons utilisé les coefficients de corrélation de Pearson et de Spearman entre les variables suivants:

- Le paramètre abiotique: température de l'eau.
- Les paramètres biotiques: la corrélation entre Les Hémiptères et *Gambusia holbrooki*.

Les valeurs de $p < 0,05$ ont été considérés comme significatives.

Chapitre 3
Résultats et discussion

1. Analyse globale de la faune aquatique récoltée

Notre étude réalisée sur la biodiversité de la faune aquatique de quatre étangs dunaires, appartenant à la Numidie orientale du nord-est de l'Algérie, d'une manière générale, est basée sur l'étude de la structure et le fonctionnement de ces étangs unique au Maghreb à travers les analyses de la population d'Hémiptères de cette région.

1. 1. L'analyse de données de la faune aquatique

1. 1. 1. Composition globale de la faune aquatique

L'étude de 22497 individus de la faune aquatique (Fig. 11), capturés dans les quatre étangs dunaires de la Numidie Orientale durant cinq cycles hydrologiques d'étude dont 5450 spécimens récoltés dans le 1^{er} cycle hydrologique, 5781 spécimens dans le 2^{ème} cycle hydrologique, 6670 individus dans le 3^{ème} cycle hydrologique, 3744 dans le 4^{ème} cycle hydrologique et 852 spécimens dans le 5^{ème} cycle hydrologique, le troisième cycle hydrologique est le plus abondant, par contre le cinquième cycle hydrologique est le plus faible. Les spécimens sont répartis en 4 embranchements : les Arthropodes avec 81%, les Chordates avec 14%, les Mollusques avec 4% et les Annélides avec 1% (Fig. 12), regroupés en 5 classes et 12 ordres.

L'analyse de la figure 13 révèle que les sites d'étude abritent une population très importante pendant la période d'étude. G. Dakhla est le site le plus abondant avec un pourcentage de 32% suivi par la Saoulaie avec 24%. Par contre G. Estah et le Lac Bleu occupent la troisième place avec 22%.

Les populations de ces stations sont composées essentiellement d'invertébrés représentant 86% et de vertébrés avec 14% de l'ensemble des taxa échantillonnés (Fig. 14 a). La population des vertébrés est constituée en grand partie par les Poissons qui représentent 63% et en par les Amphibiens qui représentent 37% de l'ensemble de cet embranchement (Fig. 14 b). Les invertébrés sont dominés par les Arthropodes qui représentent 94% et les Annélides ne représentent que 1% (Fig. 14 c).

Dans la classe des insectes, les Hémiptères présentent les effectifs les plus élevés avec 8590 individus. Il représente 49,92% des insectes et 38,18% de la faune totale.

Les Coléoptères occupent la deuxième place dans la classe des insectes avec 20,02%, suivis par les Ephémères avec 15,12%. Les Odonates occupent la quatrième position avec 9,7% suivi par les Diptères avec 4,8%. Enfin les Arachnides présentent le pourcentage le plus faible avec 0,9% (15 d).

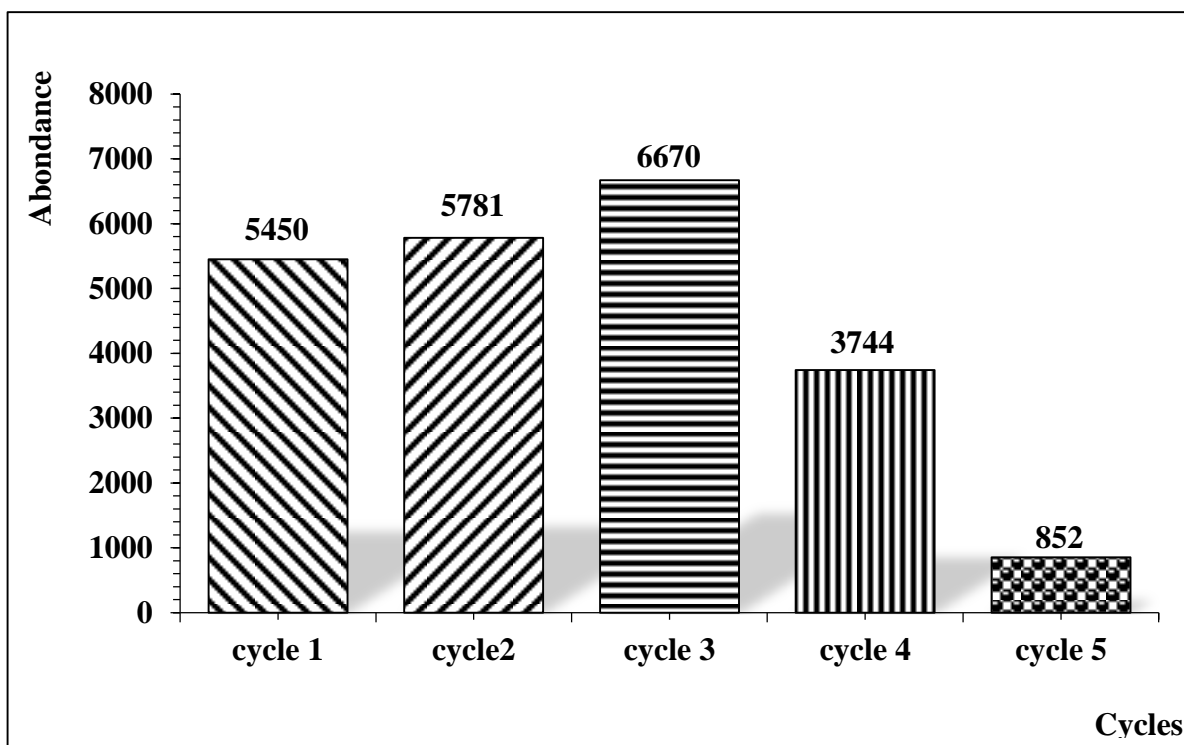


Fig. 11. Abondance totale de taxons observés durant la période d'étude.

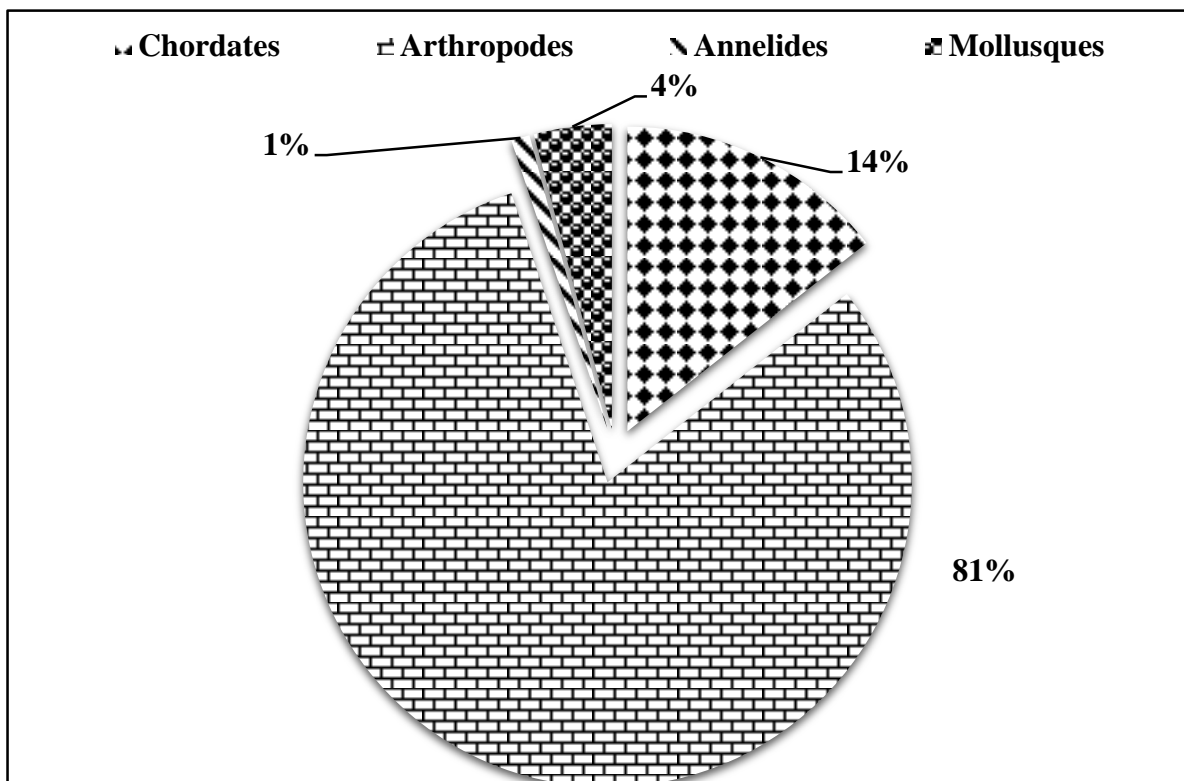


Fig. 12. Pourcentages d'embranchement des taxa faunistiques dans les sites d'étude.

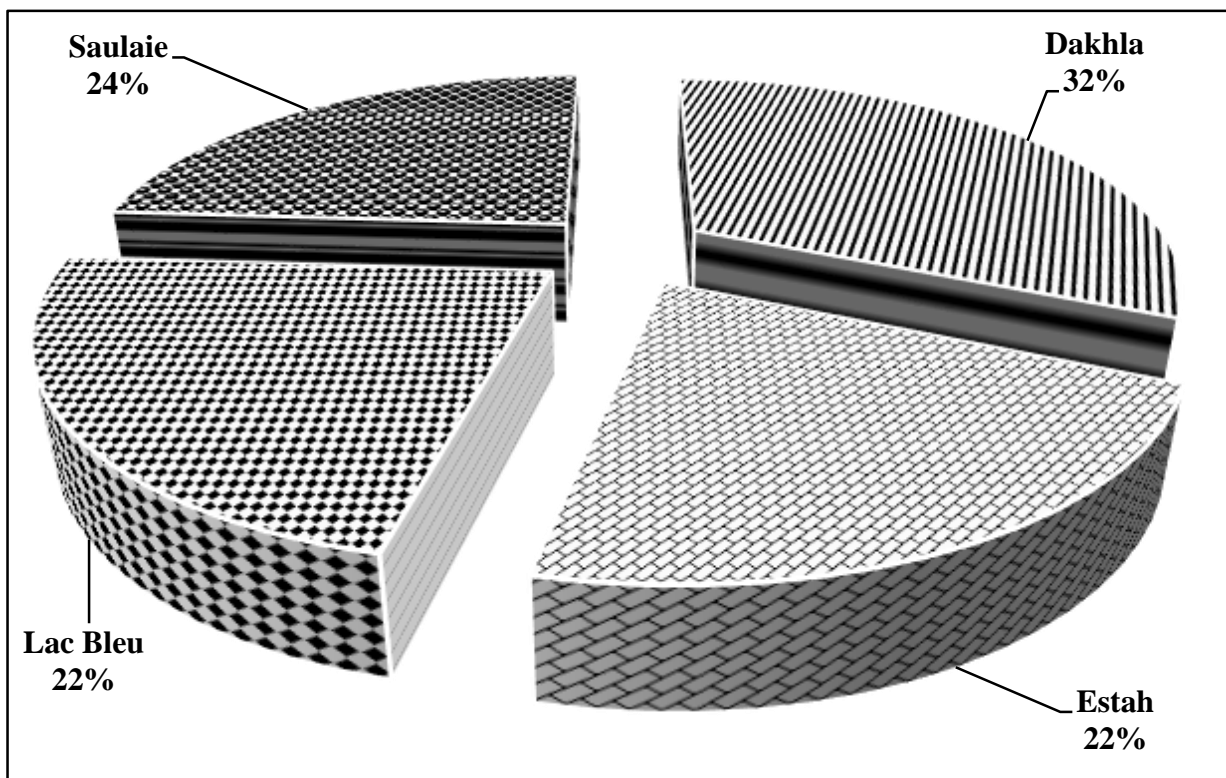


Fig. 13. Abondance totale de taxons observés dans les sites d'étude.

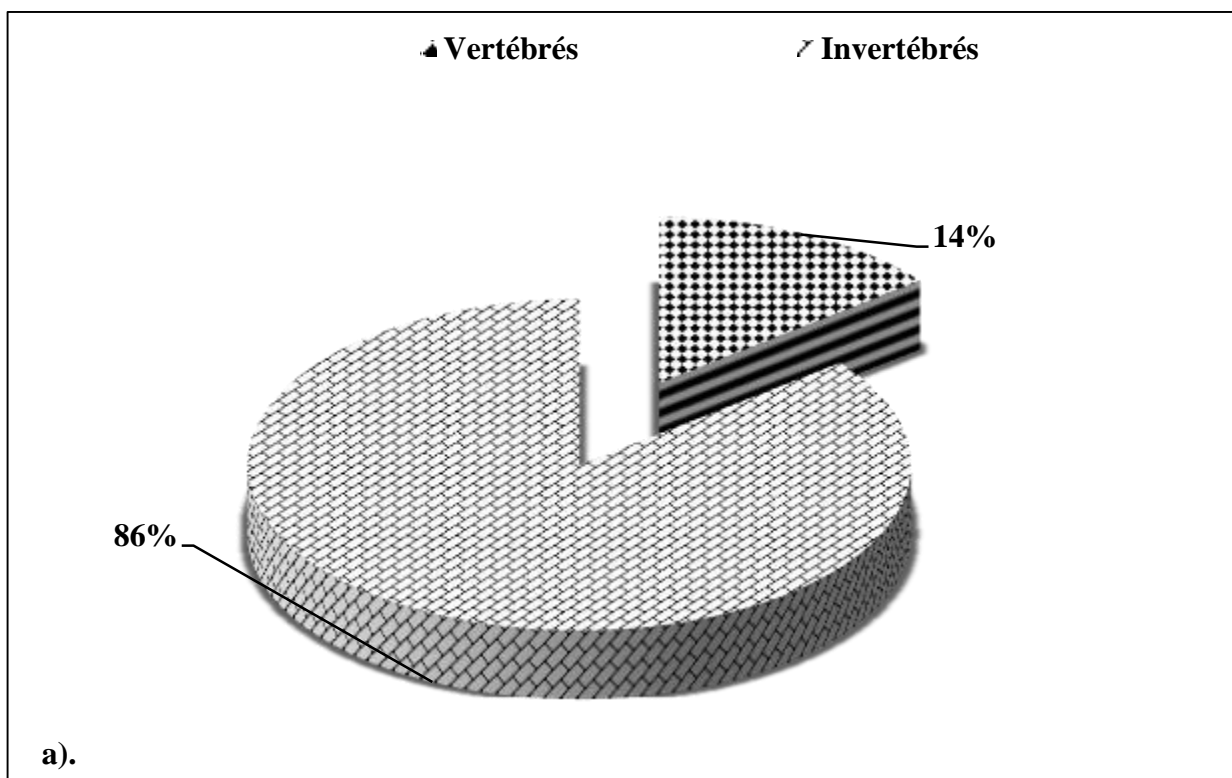


Fig. 14. Pourcentages des taxa faunistiques dans les sites d'étude (a: tous les taxa).

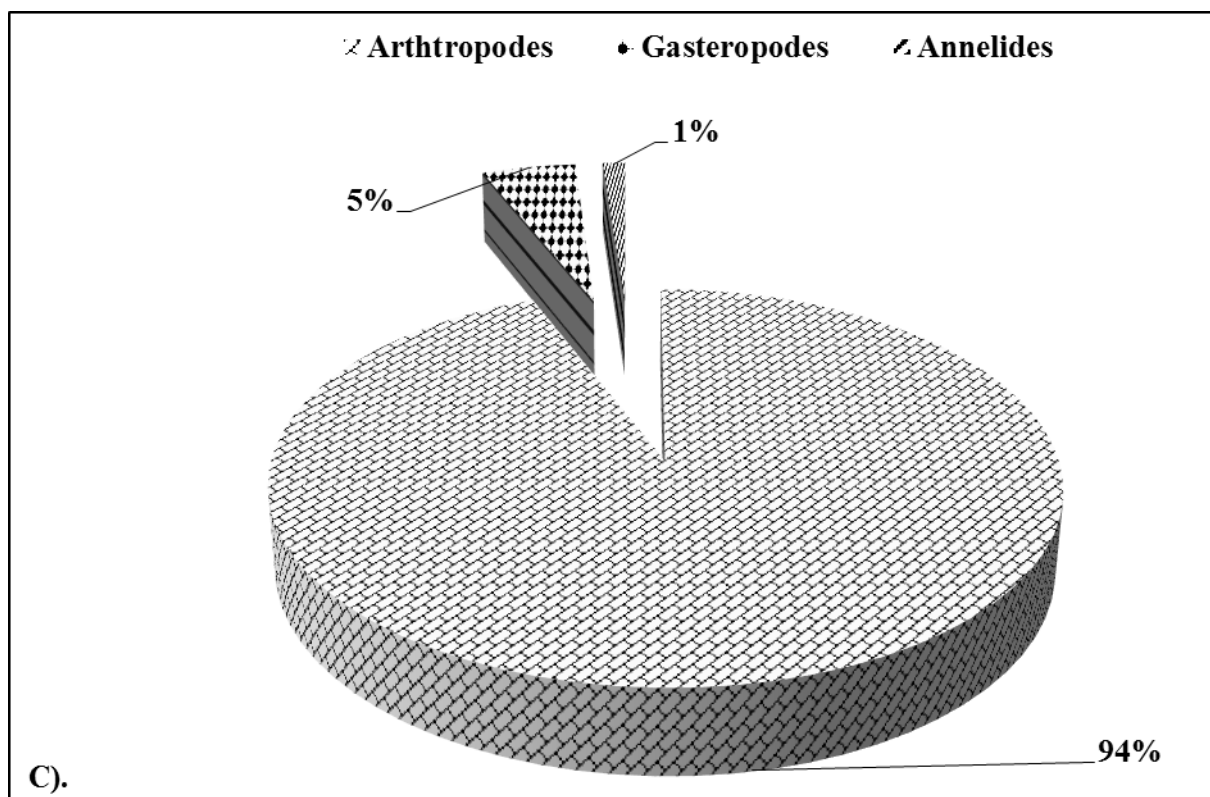
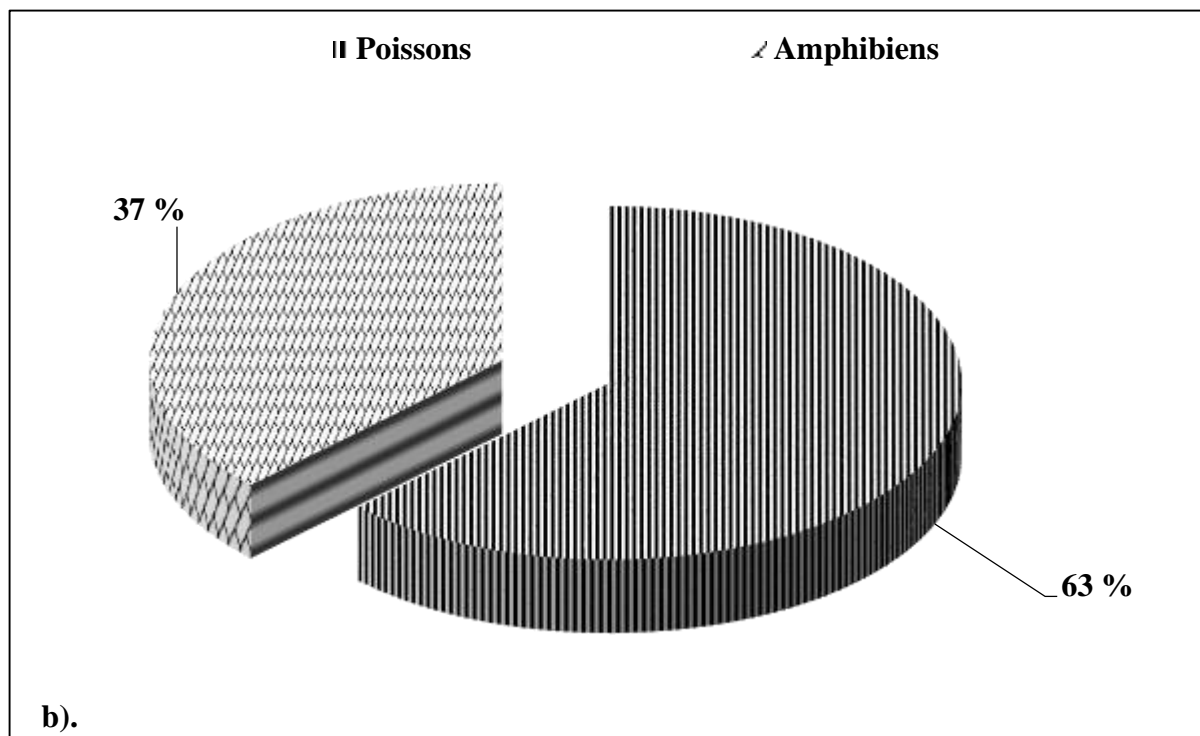


Fig. 14. Pourcentages des taxa faunistiques dans les sites d'étude (b: les Vertébrés, c: les Invertébrés).

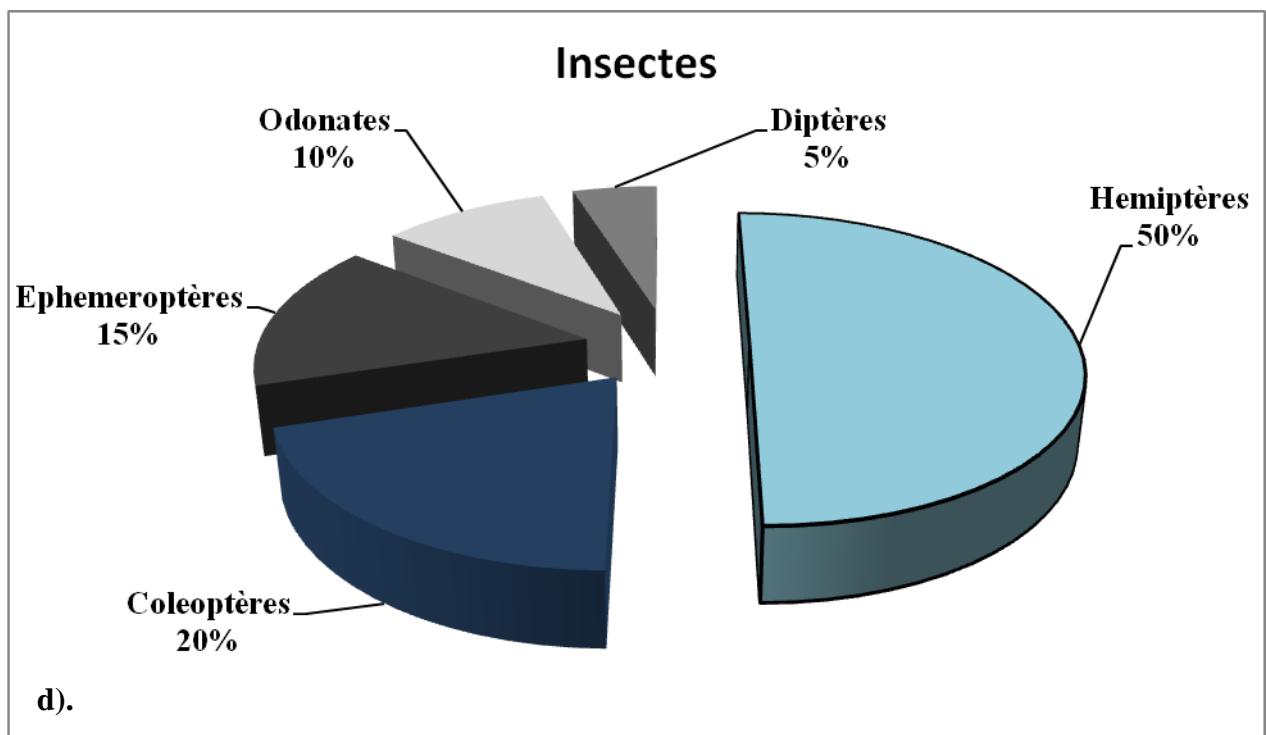


Fig. 14. Pourcentages des taxa faunistiques dans les sites d'étude (d : les Insectes).

2. Analyse des Hémiptères récoltés

Les résultats obtenus de l'étude des macroinvertébrés des dépressions dunaires révèlent l'importance et la richesse de la population d'Hémiptères et leur rôle fondamentale dans ces écosystèmes. L'objectif est d'identifier les causes de la disparition des espèces faunistiques durant la période d'étude étalée sur 17 ans.

L'ensemble des spécimens de l'ordre des Hémiptères est 8590 individus (adultes + larves) avec un pourcentage de 28% du total de la faune aquatique récoltée (Fig. 15), de 32% du total de l'embranchement d'Arthropodes (Fig. 16) et de 49,92% de la classe des insectes de la faune aquatique récoltée (Fig. 14).

Dans cette partie de l'étude, nous avons utilisé uniquement l'effectif des Hémiptères adultes qui représentent 7418 individus.

2. 1. Liste des espèces

La liste ci-dessous de l'inventaire faunistique regroupe la répartition des taxa des Hémiptères dans les différents cycles hydrologiques au niveau des quatre sites d'étude de la Numidie Orientale avec la fréquence d'occurrence et l'abondance relatives (Tableau 3).

2. 2. Localisation des espèces

Le tableau 4 montre que la plupart des espèces d'Hémiptères fréquentent les sites d'étude sauf *Corixa punctata*, *Notonecta viridis*, qui sont présentes uniquement dans G. Dakhla, *Nepa cinerea* se trouve au Lac Bleu, et *Ranatra linearis* se localise dans G. Dakhla et la Saoulaie.

2. 3. Composition globale des peuplements d'Hémiptères récoltés

La présente étude a permis de recenser dans les sites d'étude un total de 7418 individus répartis en deux infra ordre: Nepomorpha qui représente 99% de tous les Hémiptères et 1% pour les Gerromorpha (Fig. 17 a), en huit familles, douze genres et dix-huit espèces. La famille la plus diversifiée est celle des Corixidae avec sept espèces représentant 40% des Hémiptères, suivi par les Notonectidae avec quatre espèces

puis les Nepidae représentées par deux espèces. Les Gerridae, les Pleidae, les Naucoridae, Belostomatidae et Mesoveliidae occupent la dernière place avec une seule espèce (Fig. 17 b).

2. 4. L'évolution de l'abondance des espèces d'Hémiptères

La diversité est très élevée dans les quatre biotopes au cours de notre étude. La figure (18) montre que Garaet Dakhla est le site le plus riche en espèces avec 17 espèces suivi par la Saoulaie avec 15 espèces puis Garaet Estah qui est représentée par 14 espèces, et enfin le Lac Bleu avec 13 espèces. En outre, nous observons que les quatre sites d'études ont été dominés par *Plea minutissima* suivi par *Hesperocorixa linnaie* sauf dans le Lac Bleu qui est dominé en deuxième position par *Corixa affinis*. Par contre, *Hydrocyrius columbiae*, *Ranatra linearis*, *Hesperocorixa furtiva*, *Gerris thoracicus*, *Mesovelia vittigera* et la famille de Notonectidés présentent les valeurs les plus faibles au niveau des quatre sites durant la période d'étude.

2. 5. Evolution mensuelle des Hémiptères inventoriés

Le tableau 5 nous renseigne sur l'occupation temporelle des espèces d'Hémiptères au niveau des quatre sites d'étude. Nous pouvons distinguer les taxons permanents, observés tout au long de la période d'étude : *Anisops sardea*, *Plea minutissima*, *Corixa affinis*, *Corixa panzeri*, *Hesperocorixa linnaie* et *Hesperocorixa moesta*.

Certaines espèces disparaissent en été : *Corixa punctata* et *Notonecta viridis*. D'autres espèces ont été observées dans les quatre saisons : *Nepa cinerea*, *Sigara sp*, *Notonecta glauca*, *Notonecta obliqua* et *Gerris thoracicus*.

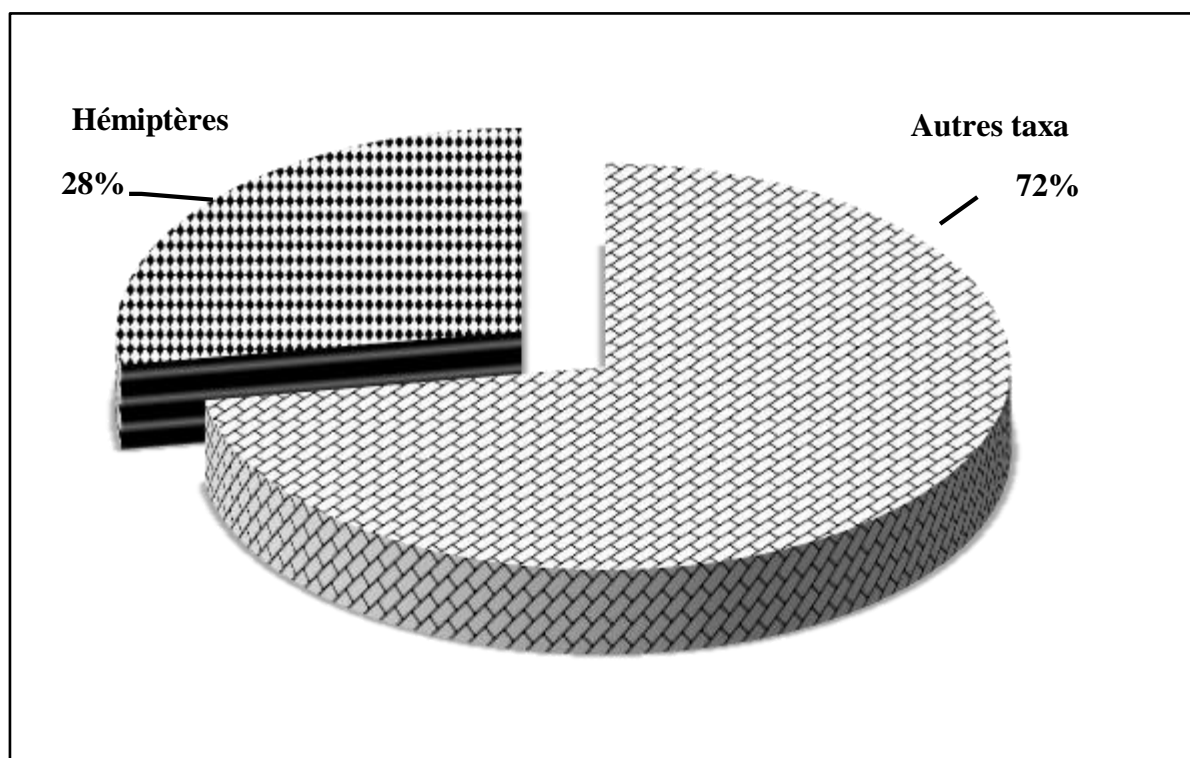


Fig. 15. Pourcentages d'Hémiptères dans tous les taxa.

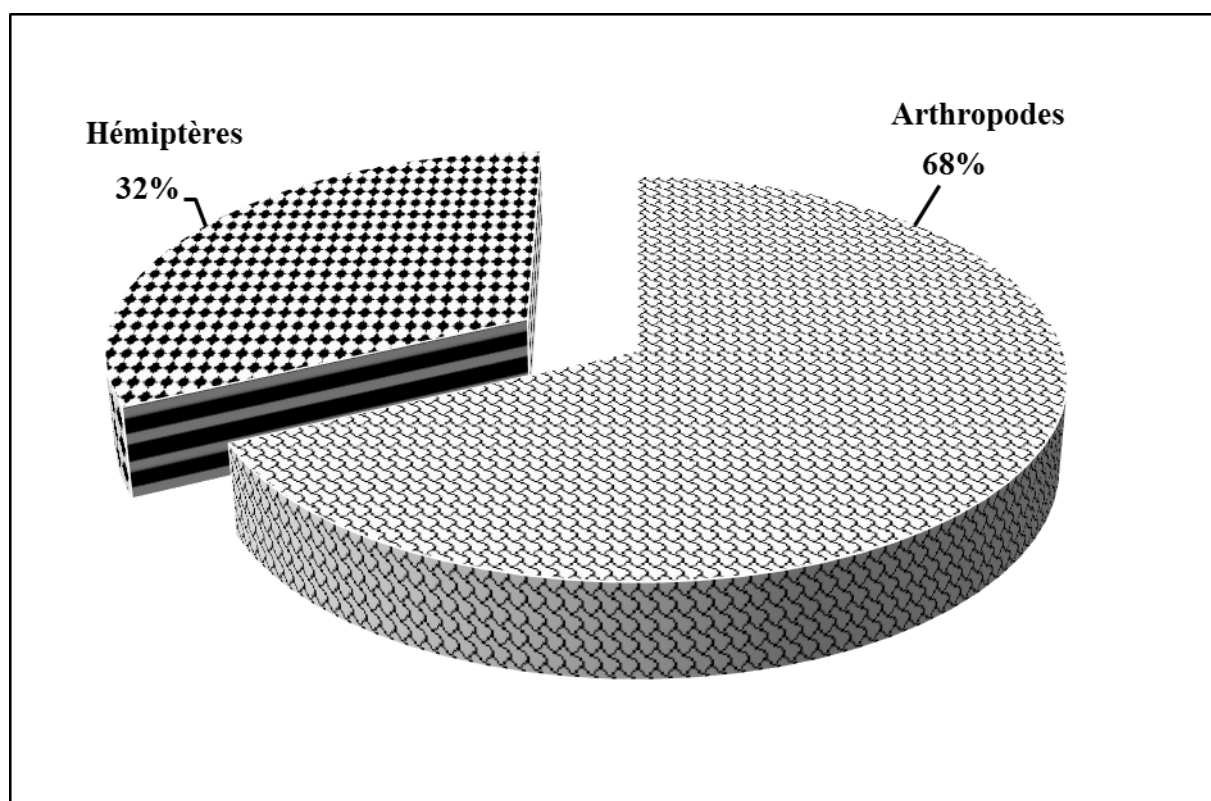


Fig. 16. Pourcentages d'Hémiptères dans l'embranchement des Arthropodes.

Tableau 3. Listes des espèces d'Hémiptères faunistiques inventoriés au niveau les sites pendant la période d'étude.

Branche	Class	Order	Infra-order	Family	Species
Artropoda	Insecta	Hemiptera	Nepomorpha	Belostomatidae	<i>Hydrocyrius colombiae</i> Spinola
				Nepidae	<i>Nepa cinerea</i> Linné
					<i>Ranatra linearis</i> Linné
					Corixidae
				<i>Corixa affinis</i> Leache	
				<i>Corixa punctata</i> (Illiger)	
				<i>Hesperocorixa linnaie</i> (Feiber)	
				<i>Hesperocorixa moesta</i> (Feiber)	
				<i>Hesperocorixa furtiva</i> (Horvath)	
				<i>Sigara</i> sp	
				Notonectidae	
					<i>Notonecta glauca</i> Poisson
					<i>Notonecta obliqua</i> Poisson
					<i>Notonecta viridis</i> Delcourt
				Pleidae	<i>Plea minutissima</i> Leach
				Naucoridae	<i>Naucoris maculatus</i> Fabricius
				Gerromorpha	Gerridae
Mesoveliidae	<i>Mesovelia vittigera</i> Horvath				
Total		2	8	18	

Tableau 4. Localisation et Abondance des espèces d'Hémiptères inventoriées au niveau des sites d'étude entre 1996 et 2013.

Espèces	Code	Localisation	1996-1998	2010-2012	2012-2013	F (%)
<i>Hydrocyrius colombiae</i>	Hco	Dakhla, Estah, Lac Bleu, Saulaie	31	3	0	9,1
<i>Nepa cinerea</i>	Nci	Lac Bleu	0	1	1	0,91
<i>Ranatra linearis</i>	Rli	Dakhla, Saulaie	1	12	0	3,1
<i>Corixa panzeri</i>	Cpa	Dakhla, Estah, Lac Bleu, Saulaie	106	236	10	24,2
<i>Corixa affinis</i>	Caf	Dakhla, Estah, Lac Bleu, Saulaie	304	650	15	37,4
<i>Corixa punctata</i>	Cpu	Dakhla	0	1	0	0
<i>Hesperocorixa linnaie</i>	Hli	Dakhla, Estah, Lac Bleu, Saulaie	220	1179	36	6,37
<i>Hesperocorixa moesta</i>	Hmo	Dakhla, Estah, Lac Bleu, Saulaie	115	13	7	0,59
<i>Hesperocorixa furtiva</i>	Hfu	Dakhla, Estah, Saulaie	10	19	0	0,12
<i>Sigara sp</i>	Ssp	Dakhla, Estah, Lac Bleu, Saulaie	43	20	2	0,28
<i>Anisops sardea</i>	Asa	Dakhla, Estah, Lac Bleu, Saulaie	305	132	43	33,7
<i>Notonecta glauca</i>	Ngl	Dakhla, Estah, Lac Bleu, Saulaie	30	9	0	10,5
<i>Notonecta obliqua</i>	Nob	Dakhla, Estah, Lac Bleu, Saulaie	18	11	0	8,2
<i>Notonecta viridis</i>	Nvi	Dakhla	1	0	0	0
<i>Plea minutissima</i>	Pmi	Dakhla, Estah, Lac Bleu, Saulaie	2722	758	29	56,1
<i>Naucoris maculatus</i>	Nma	Dakhla, Estah, Lac Bleu, Saulaie	122	109	9	23,7
<i>Gerris thoracicus</i>	Gth	Dakhla, Estah, Saulaie	29	7	0	8,6
<i>Mesovelia vittigera</i>	Mvi	Dakhla, Estah, Lac Bleu, Saulaie	60	0	0	8,6
17		4			123	

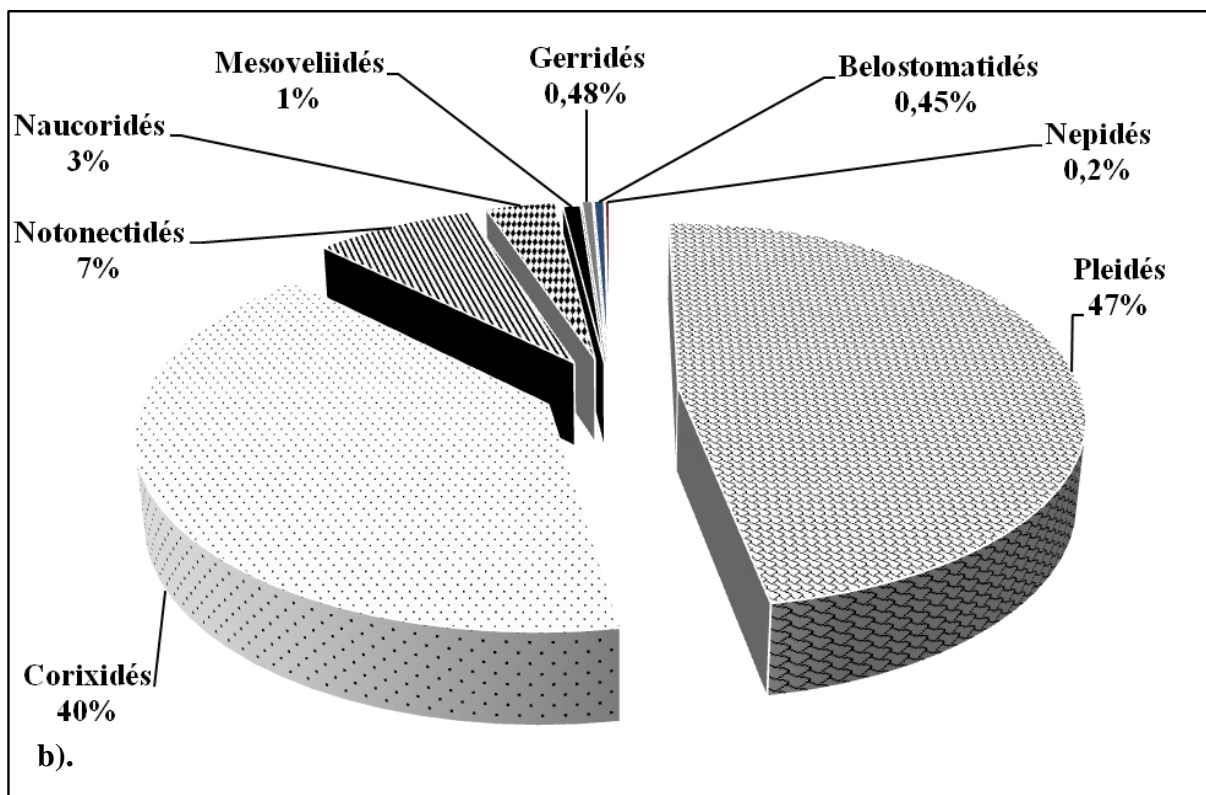
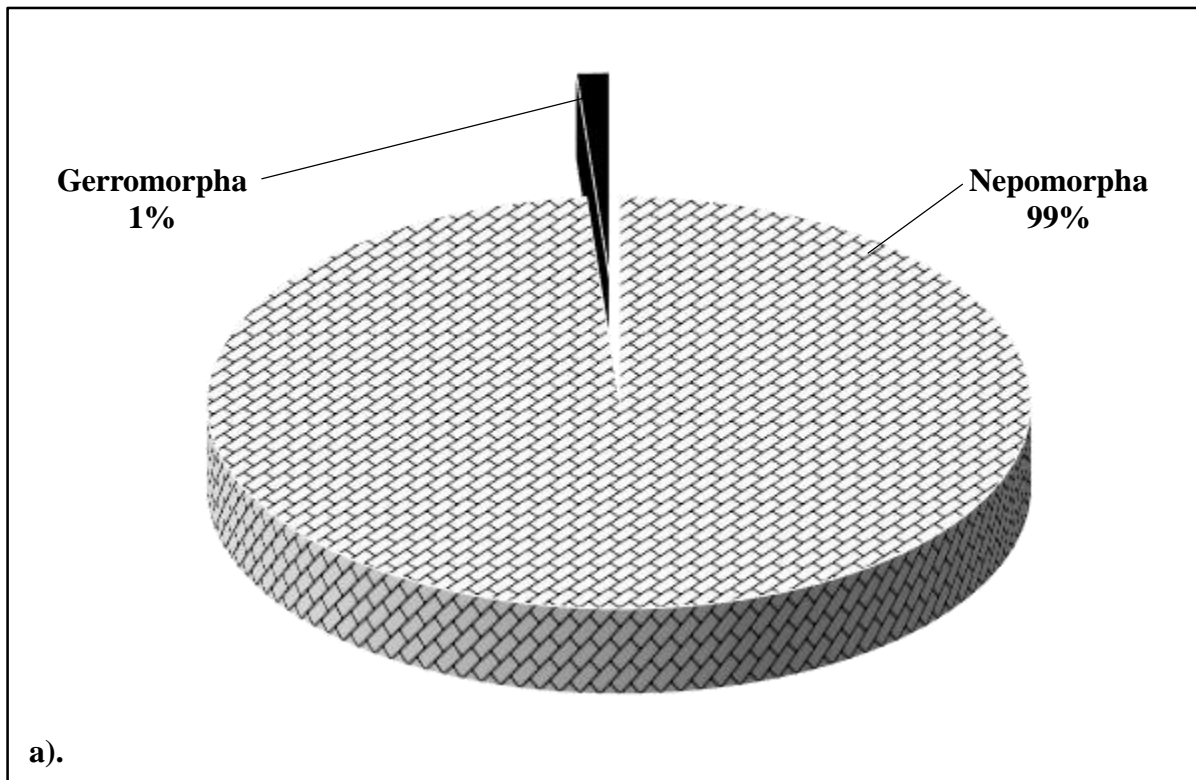


Fig. 17. Pourcentage des espèces des Hémiptères dans les sites d'étude (a: tous les espèces, b: pourcentage des familles).

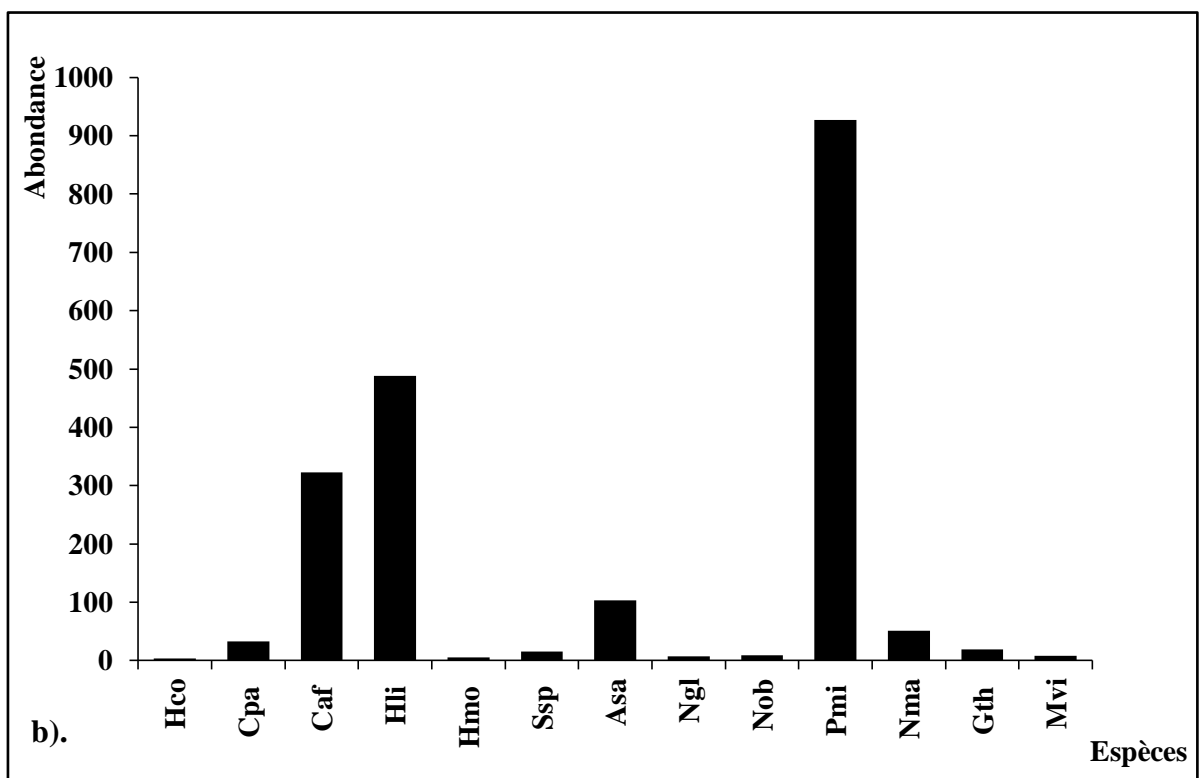
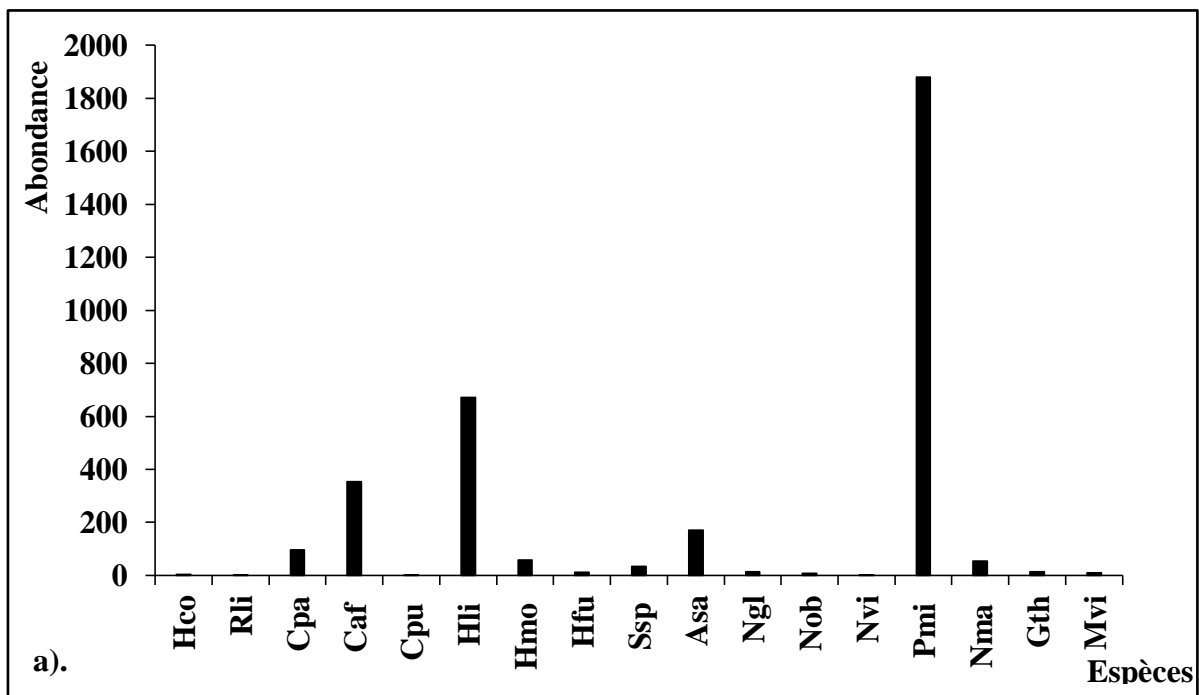


Fig. 18. Evolution de l'abondance des espèces d'Hémiptères dans les sites d'étude (a : G. Dakhla, b : G. Estah) (Hco : *Hydrocyrius colombiae*, Rli : *Ranatra linearis*, Cpa : *Corixa panzeri*, Caf : *Corixa affinis*, Cpu : *Corixa punctata*, Hli : *Hesperocorixa linnaie*, Hmo : *Hesperocorixa moesta*, Hfu : *Hesperocorixa furtiva*, Ssp : *Sigara sp*, Asa : *Anisops sardea*, Ngl : *Notonecta glauca*, Nob : *Notonecta obliqua*, Nvi : *Notonecta viridis*, Pmi : *Plea minutissima*, Nma : *Naucoris maculatus*, Gth : *Gerris thoracicus*, Mvi : *Mesovelia vittigera*).

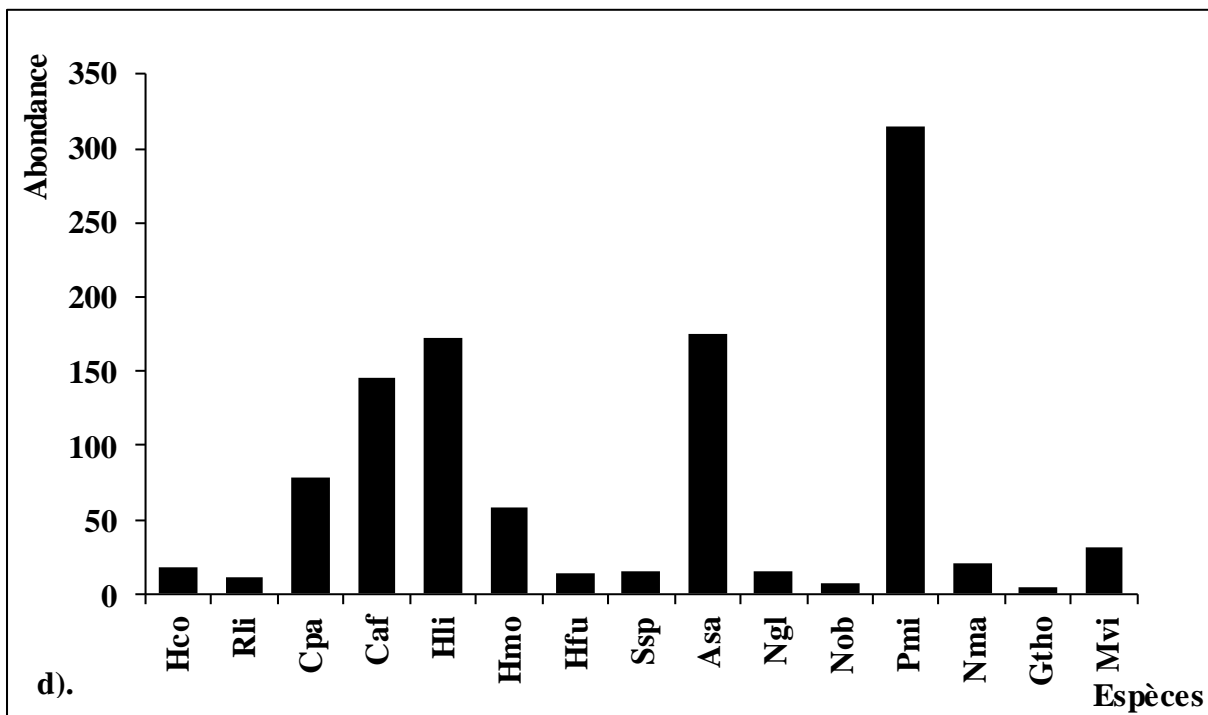
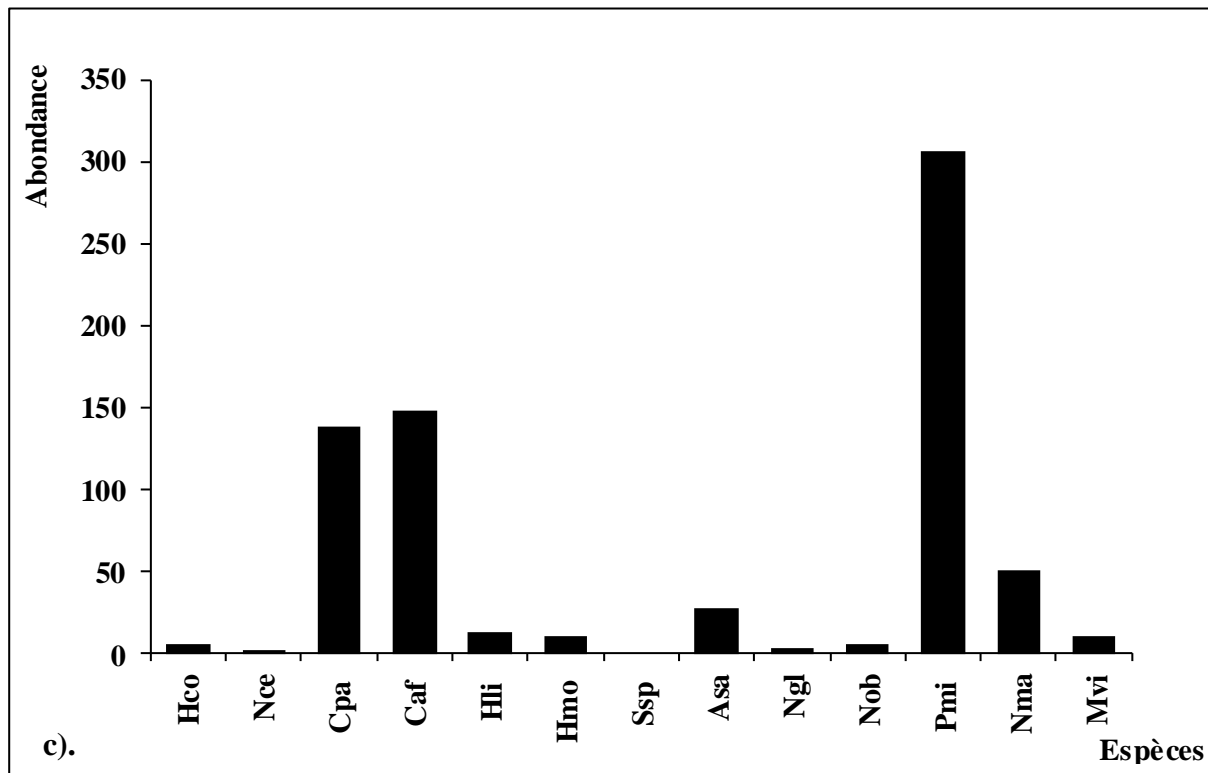


Fig. 18. Evolution de l'abondance des espèces d'Hémiptères dans les sites d'étude (c : Lac Bleu, d : la Saulaie)(Hco : *Hydrocyrius colombiae*, Nce : *Nepa cinerea* Rli : *Ranatra linearis*, Cpa : *Corixa panzeri*, Caf : *Corixa affinis*, Hli : *Hesperocorixa linnaie*, Hmo : *Hesperocorixa moesta*, Hfu : *Hesperocorixa furtiva*, Ssp : *Sigara sp*, Asa : *Anisops sardea*, Ngl : *Notonecta glauca*, Nob : *Notonecta obliqua*, Pmi : *Nvi* : *Notonecta viridis*, Pmi : *Plea minutissima*, Nma : *Naucoris maculatus*, Gth : *Gerris thoracicus*, Mvi : *Mesovelia vittigera*.

Tableau 5. Phénologie des Hémiptères récoltés dans les sites d'études (J : juin, J : juillet, A : août, S : septembre, O : octobre, N : novembre, D : décembre, J : janvier, F : février, M : mars, A : avril, M : mai).

	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	
<i>Hydrocyrius columbiae</i>	_____									_____			
<i>Nepa cinerea</i>	_____						_____			_____			
<i>Ranatra linearis</i>	_____				_____				_____				
<i>Corixa panzeri</i>	_____												
<i>Corixa affinis</i>	_____												
<i>Corixa punctata</i>										_____			
<i>Hesperocorixa linnaie</i>	_____												
<i>Hesperocorixa moesta</i>	_____												
<i>Hesperocorixa furtiva</i>		_____		_____			_____						
<i>Sigara sp</i>	_____										_____	_____	
<i>Anisops sardea</i>	_____												
<i>Notonecta glauca</i>	_____				_____						_____		
<i>Notonecta obliqua</i>	_____				_____						_____		
<i>Notonecta viridis</i>								_____					
<i>Plea minutissima</i>	_____												
<i>Naucoris maculatus</i>	_____							_____					
<i>Gerris thoracicus</i>	_____						_____				_____		
<i>Mesovelia vittigera</i>		_____										_____	

3. Analyse biocénotique

Les divers peuplements qui constituent une masse faunistique peuvent se définir par un ensemble d'indices et descripteurs qui prennent en considération l'importance numérique des espèces, qu'il comporte. En dénombrant à l'intérieur du peuplement le nombre total des espèces qui le compose et les effectifs des populations de chaque espèce, il est possible de décrire la structure de tout le peuplement à travers des paramètres tels que la richesse spécifique, l'abondance, la diversité spécifique, l'indice d'équitabilité et la répartition spatiale (Ramade, 1984). La description des Hémiptères récoltés est très importante pour comprendre l'organisation spatiale des peuplements dans les étangs. Elle repose sur l'étude indicielle à laquelle sont associées une analyse en composante principales. Huit descripteurs ont été étudiés pour analyser les caractéristiques et la structure des peuplements des étangs de la Numidie orientale à savoir : l'abondance, la richesse taxonomique, la fréquence d'occurrence, l'indice de Shannon, l'équitabilité de Pielou, l'indice de Margalef et les deux indices de comparaison (indice de Sorensen et l'indice de Jaccard).

3. 1. Organisation globale des peuplements des Hémiptères

3. 1. 1. Fréquence d'occurrence C (%)

Sur la base de l'abondance et la présence et l'absence des espèces d'Hémiptères durant notre période d'étude, nous avons calculé la fréquence d'occurrence (Tableau 4) pour chaque espèce ce qui nous a permis d'établir un statut de ces espèces.

Les résultats de ce paramètre sont révélés dans la figure 19. Selon la fréquence d'occurrence, quatre catégories des espèces d'Hémiptères sont définies pendant les cinq cycles hydrologiques : une espèce constante qui représente 5% de l'ensemble des espèces : *Plea minutissima*, les taxons accessoires illustrés avec un pourcentage de 11% sont : *Corixa affinis* et *Anisops sardea*. *Corixa panzeri*, *Notonecta glauca* et *Naucoris maculatus* sont des taxons accessoires avec 17%. Finalement le reste des espèces sont représentées par la catégorie des espèces sporadique, cela signifie que 67% des taxons qui fréquentent les sites d'étude ne sont pas présentes ou visibles durant toute la période d'étude.

3. 1. 2. Abondance

Pour bien illustrer la structure et les variations de cette composition faunistique, nous avons représenté l'abondance totale en fonction des cinq cycles hydrologiques (Fig. 20), et les évolutions spatiotemporelles de chaque peuplement et chaque cycle hydrologique (Fig. 21). L'évolution spatiotemporelle mensuelle de l'abondance des Hémiptères est présentée dans la figure 23.

La figure 20 qui l'abondance totale en fonction des cycles hydrologiques nous montre une diminution progressive entre les cycles au fil du temps. Numériquement le cycle le plus abondant est le premier cycle avec 2181 spécimens, par contre le cinquième cycle est le plus faible avec 123 individus. G. Dakhla est le site le plus abondant pendant la période d'étude, suivi par G. Estah avec 1988 individus puis la Saulaie avec 1176 individus, et enfin le Lac Bleu représenté par 631 individus (Fig. 21). Sur la base des graphes présentés dans la figure 23, on note que G. Dakhla est le site le plus abondant durant les cinq cycles hydrologiques suivi par G. Estah pendant le troisième cycle et la Saulaie au cours du le premier cycle. A l'opposé, le Lac Bleu est le site le plus faible durant le premier et le deuxième cycle alors que la Saulaie est le site le plus faible pendant les trois derniers cycles hydrologiques (cycle 3 : 2010-2011, cycle 4 : 2011-2012, cycle 5 : 2012-2013).

Les graphes 23 a, b, c, d, e révèlent une abondance globalement plus importante pour le premier cycle aux mois de février et novembre à G. Dakhla et septembre pour la Saulaie. L'abondance atteint les valeurs minimales au mois de juillet pour le Lac Bleu et la Saulaie, et au mois d'août et novembre pour G. Estah et le Lac Bleu. Il en est de même pendant les mois de janvier à mai pour le Lac Bleu (Fig. 23 a).

Dans le deuxième cycle, les valeurs maximales ont été enregistrées aux mois de juillet à novembre à G. Dakhla, et au mois de novembre et décembre à G. Estah. Nous avons observé les valeurs minimales aux mois de mars à mai pour G. Dakhla, et aux mois de juin, d'août, d'avril et de mai à G. Estah.

Pour le Lac Bleu, les valeurs minimales ont été notées durant les mois suivants : juin et octobre à mai. Cependant, la Saulaie atteint la valeur minimale au mois d'avril (Fig. 23 b).

Pour le troisième cycle hydrologique, on observe les valeurs élevées au mois de novembre et de mars à G. Dakhla, janvier à G. Estah. Par contre, les valeurs les plus faibles sont atteintes aux mois de juin à octobre pour les quatre étangs, et les mois de novembre à mai au Lac Bleu et la Saulaie (Fig. 23 c). le Lac Bleu et G. Estah exhibent les valeurs maximales aux mois de juin et d'octobre alors que pour G. Dakhla cette valeur maximale est atteinte au mois d'octobre également. En revanche, la Saulaie et le Lac Bleu présentent des valeurs faibles tout au long de l'année sauf au mois d'octobre pour le lac Bleu durant le quatrième cycle hydrologique (Fig. 23 d). La Figure 23 e, nous montrons l'abondance des Hémiptères présentant des valeurs faibles durant toute l'année pour les quatre sites d'études sauf aux mois de mai et décembre pour G. Dakhla et G. Estah, respectivement.

Les résultats obtenus de l'abondance durant la période d'étude montrent que l'abondance la plus faible des Hémiptères dans les étangs est enregistrée pendant les mois d'été, à l'exception du quatrième cycle hydrologique qui présente une faible abondance durant les mois d'hiver. Par contre, la forte abondance est enregistrée toute au long des mois d'hiver (Fig. 23 a, b, c, d, e).

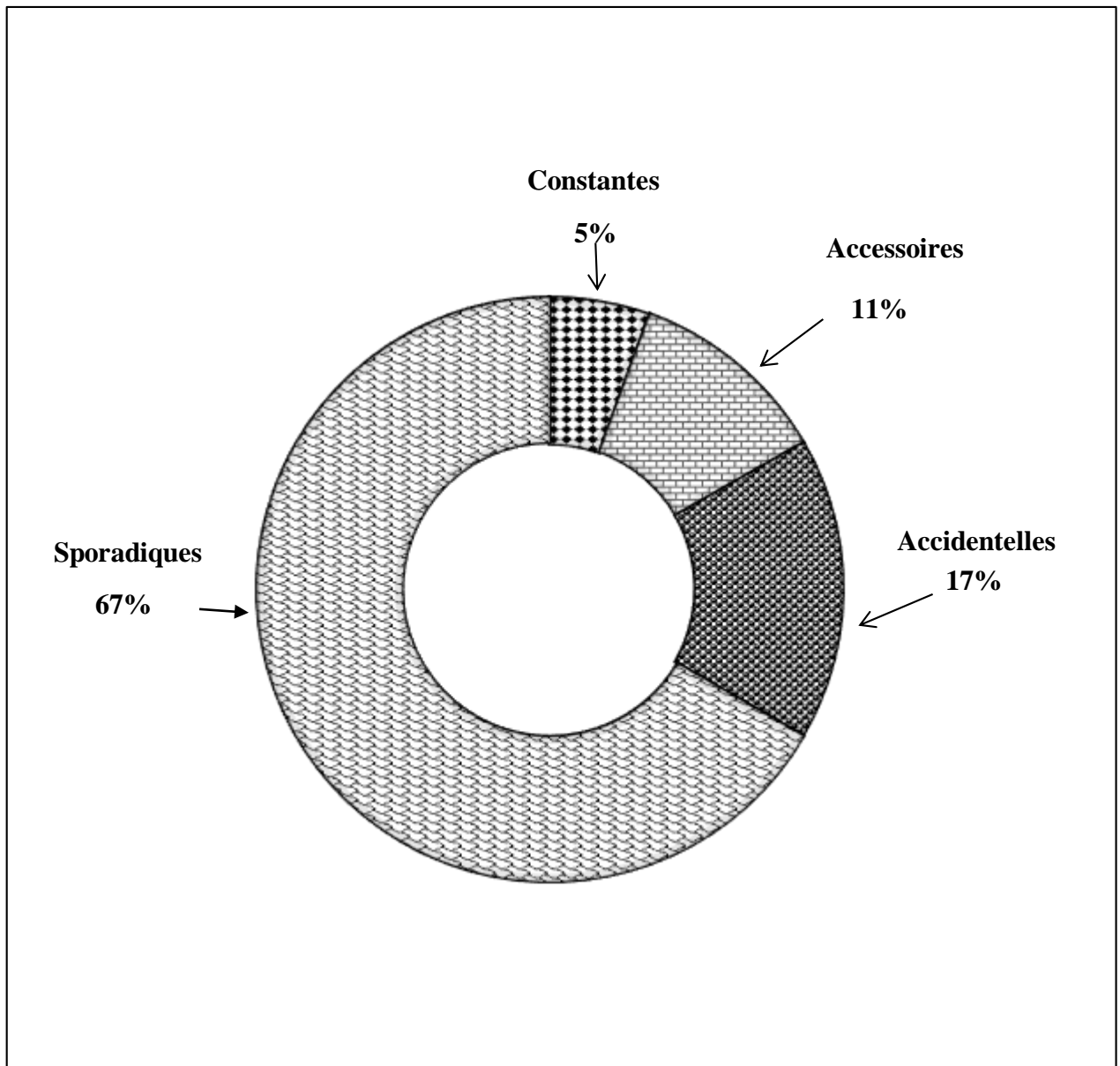


Fig. 19. Statuts des Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude pendant la période d'étude.

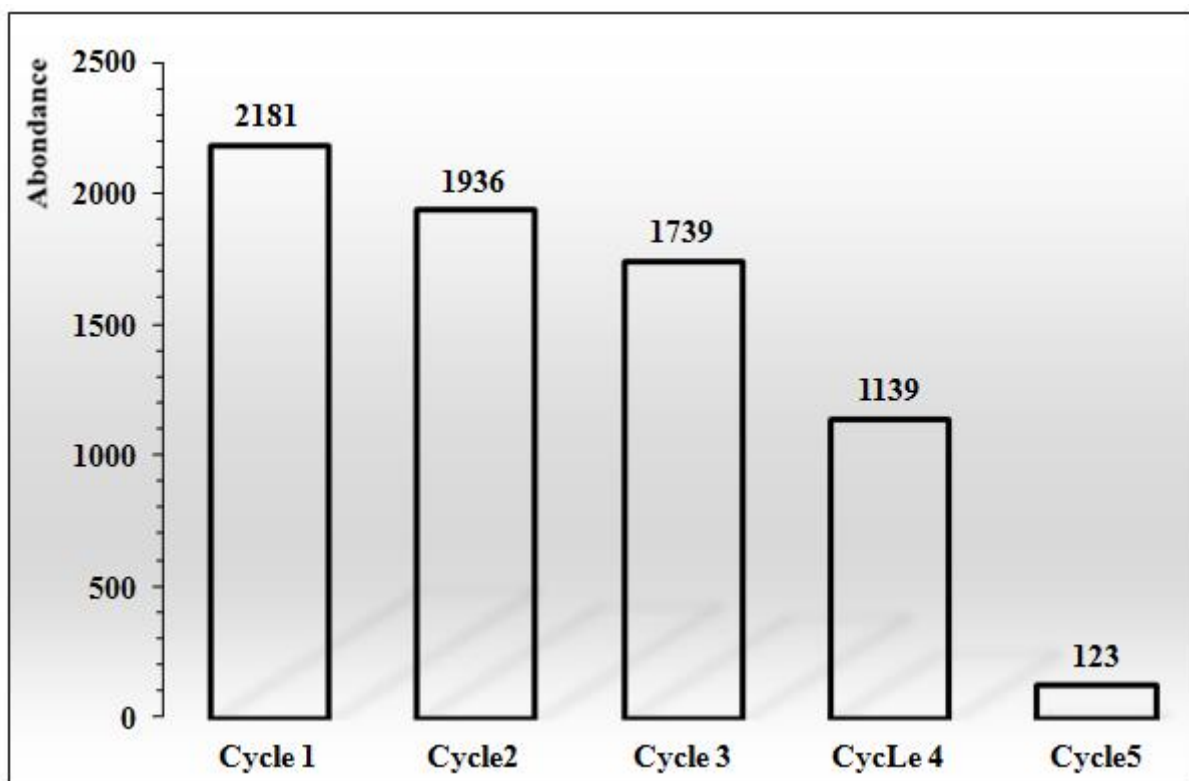


Fig. 20. Abondance totale des espèces d'Hémiptères inventoriées dans les sites d'étude.

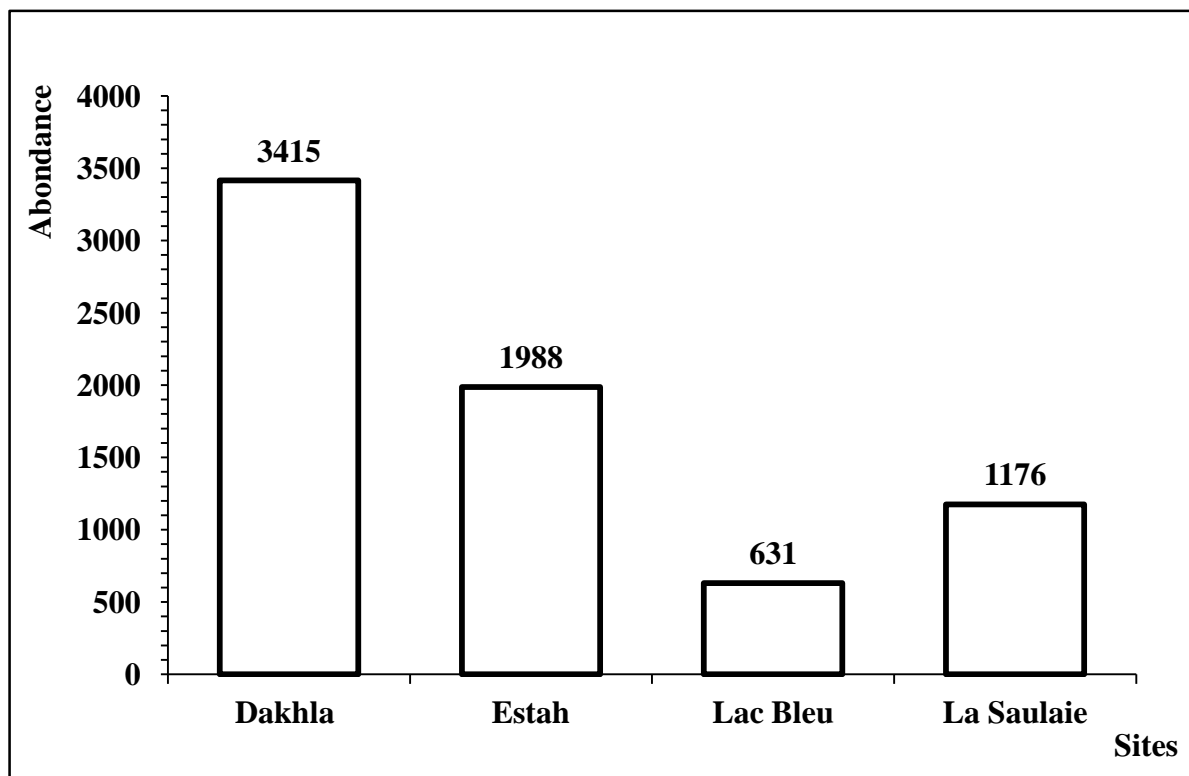


Fig. 21. Abondance spatiale des Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude.

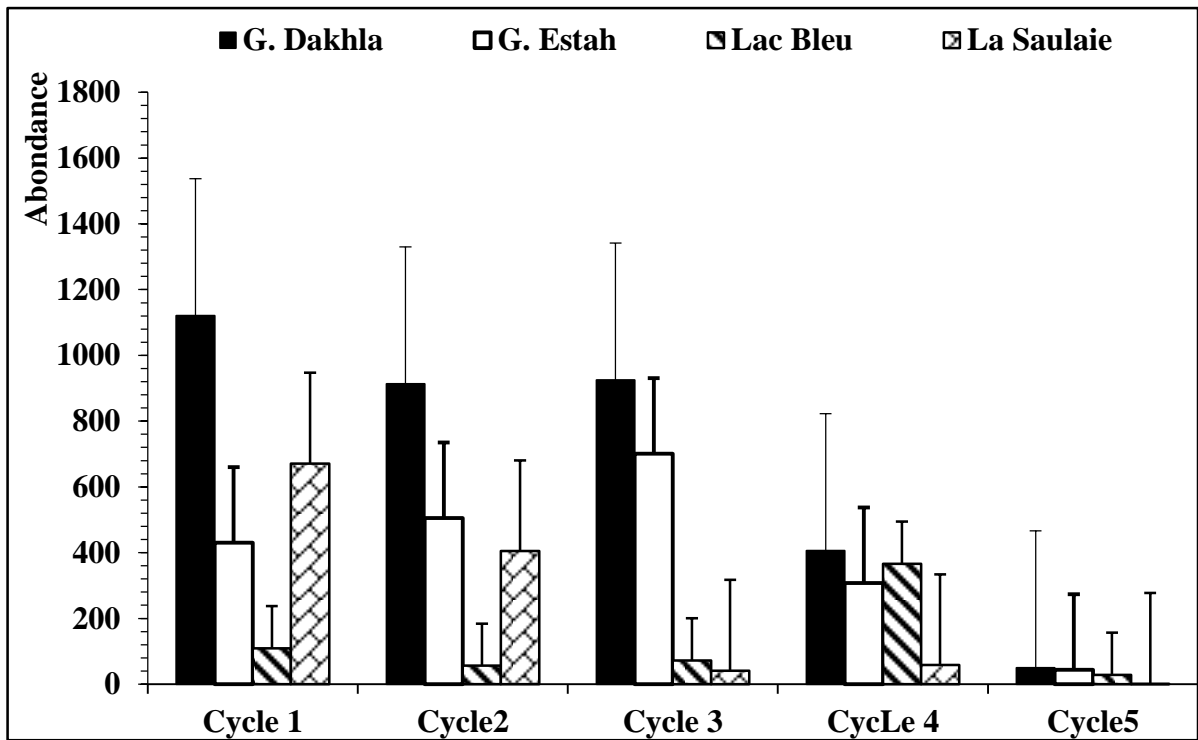


Fig. 22. Evolution spatiotemporelle de l'abondance totale des espèces d'Hémiptères inventoriées dans les sites d'étude.

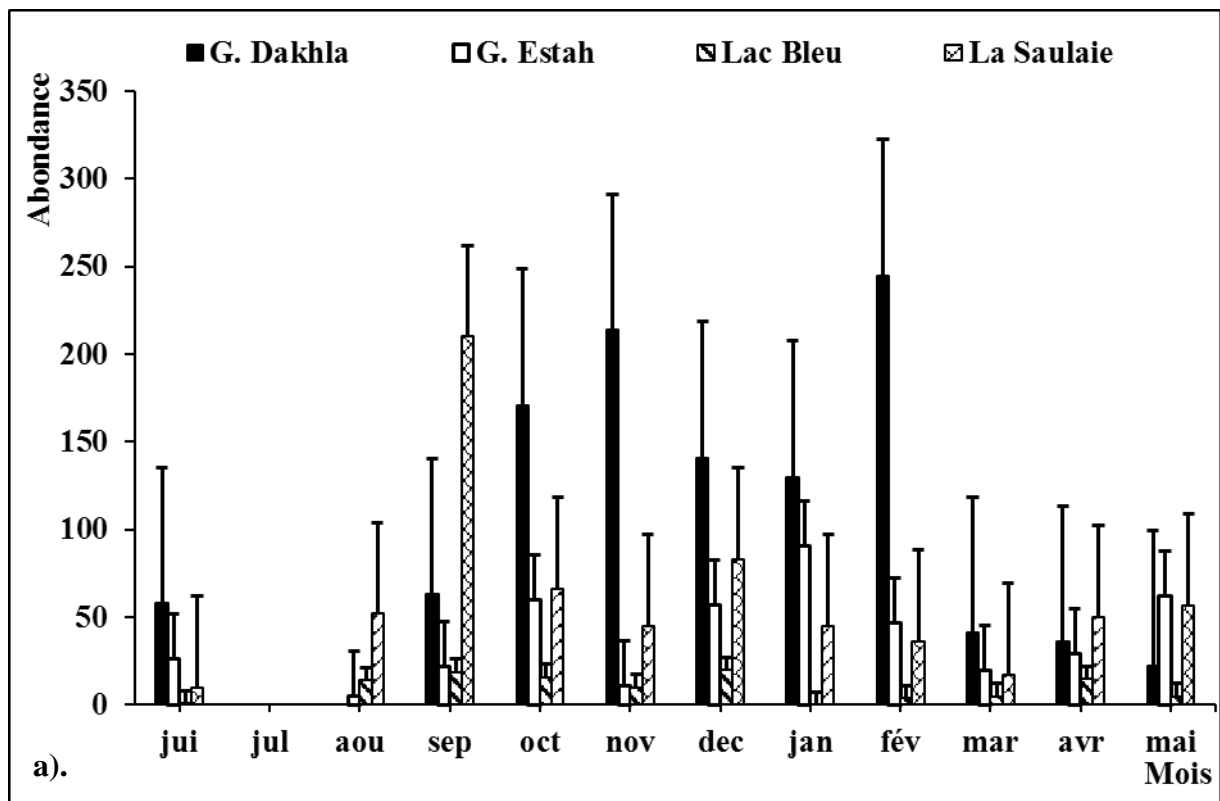


Fig. 23. Evolution spatiotemporelle de l'abondance totale des Hémiptères inventoriées dans les sites d'étude pendant : a : cycle hydrologique 1.

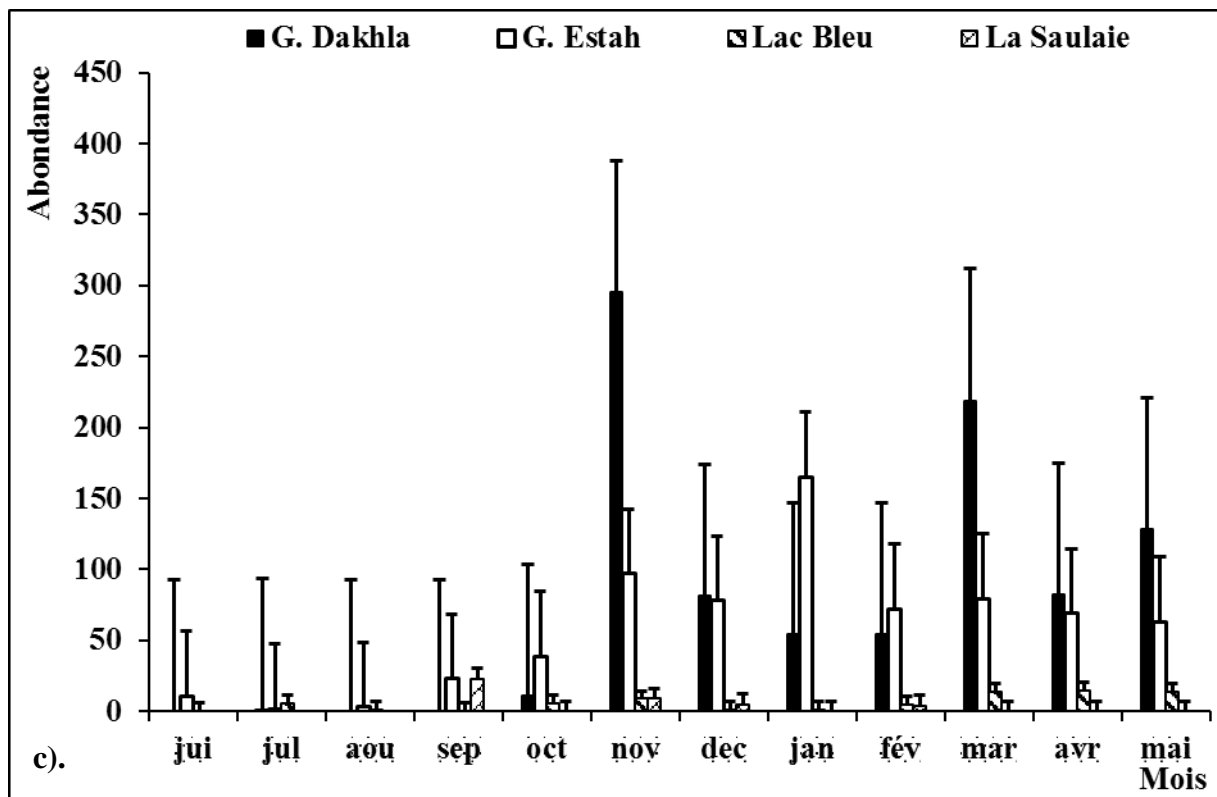
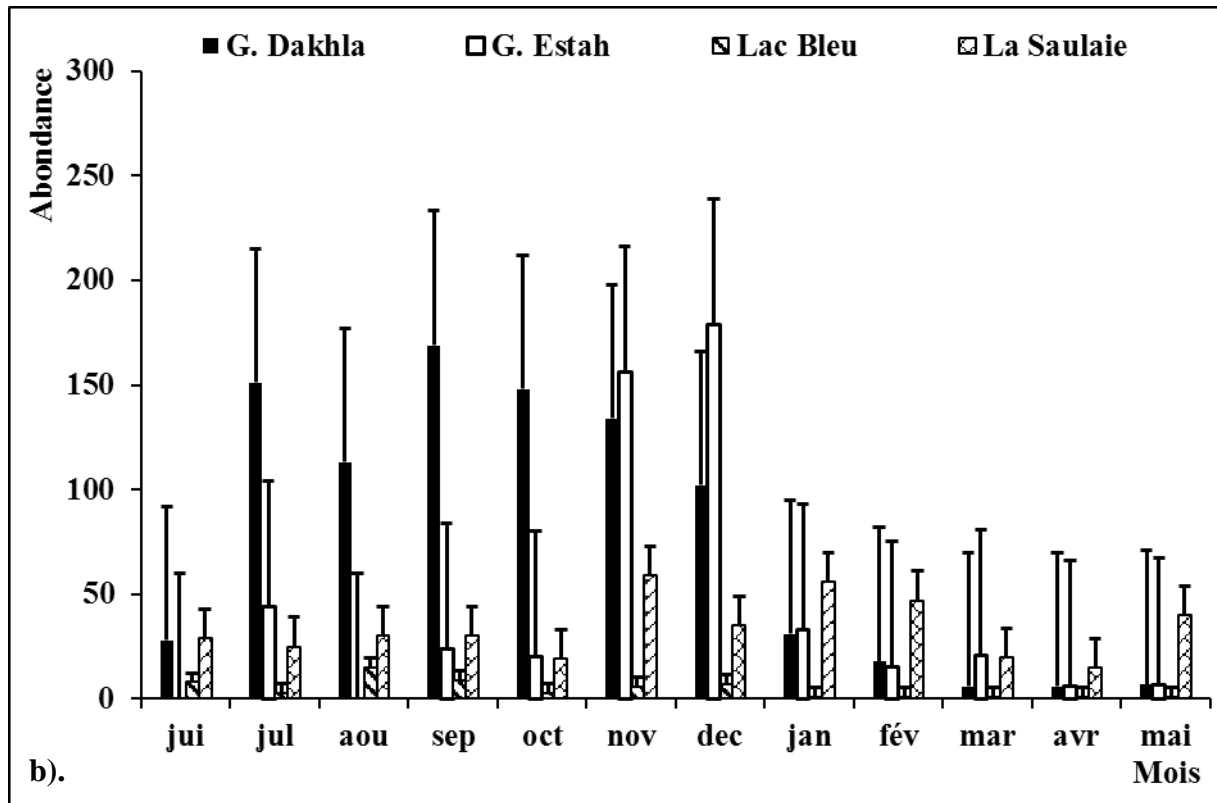


Fig. 23. Evolution spatiotemporelle de l'abondance totale des Hémiptères inventoriées dans les sites d'étude pendant la période d'étude : b : cycle hydrologique 2, c : cycle hydrologique 3.

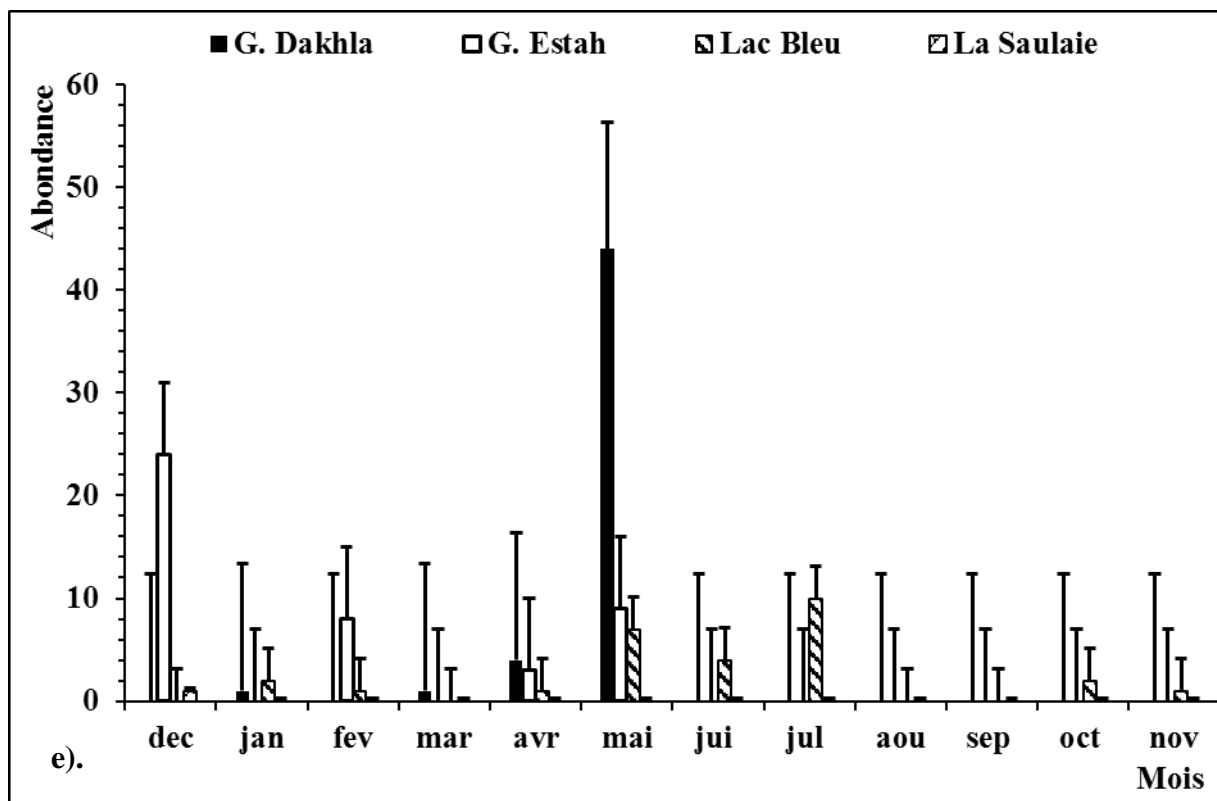
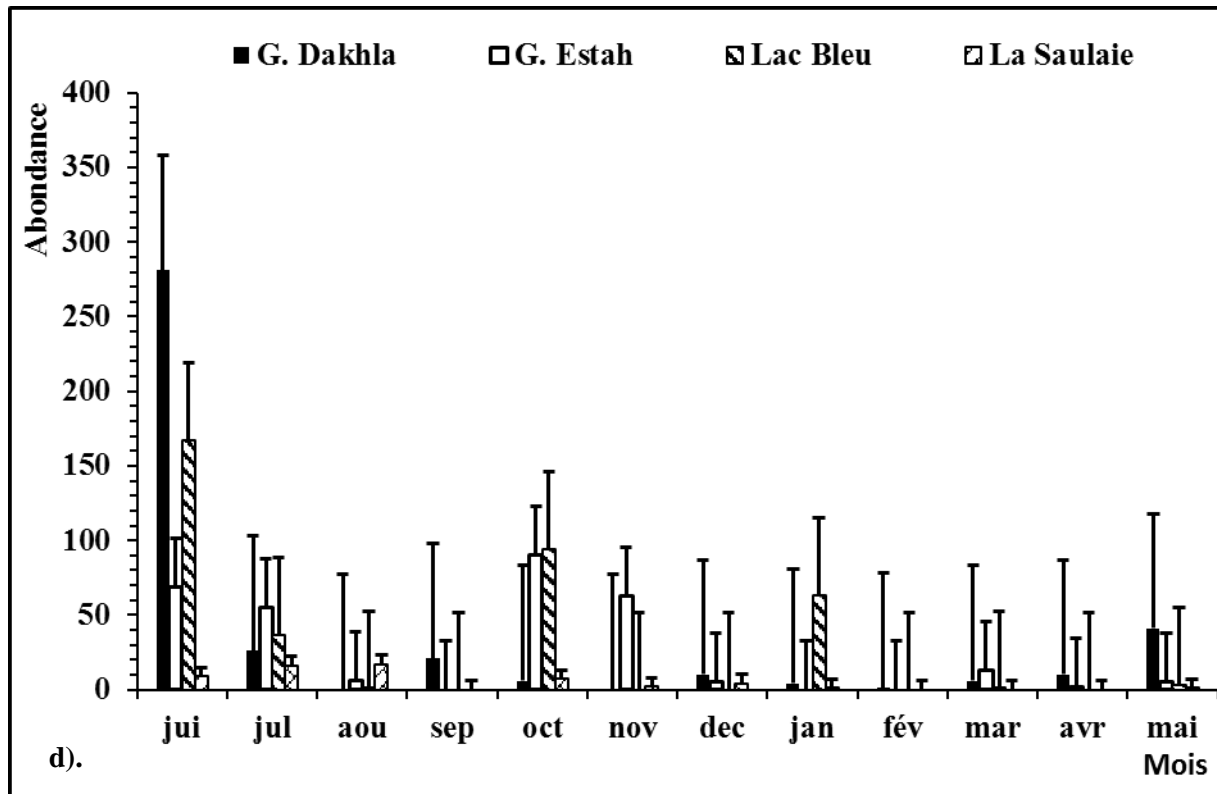


Fig. 23. Evolution spatiotemporelle de l'abondance totale des Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude pendant : d : cycle hydrologique 4, e : cycle hydrologique 5.

3. 2. Structure globale des peuplements d'Hémiptères

Les courbes de diversité obtenues à partir de la richesse taxonomique et des indices de Shannon, d'Équitabilité et de Margalef ainsi que la comparaison avec le travail de celui de Annani *et al.* (2012) indiquent que la diversité faunistique est élevée pendant la période d'étude, parce que nous avons pu noter 54 % des espèces d'Hémiptères au niveau des quatre étangs dunaires parmi les espèces récoltées dans l'étude d'Annani *et al.* (2012) dans la Numide. Ce pourcentage correspond à des conditions de milieux initialement favorables. Malheureusement, nous avons également observé une chute brutale des espèces et de l'abondance au cours de la période d'étude (dans le cinquième cycle nous avons noté : huit espèces et 123 individus).

3. 2. 1. Richesse spécifique

Au cours de notre période d'étude, la richesse spécifique des quatre étangs est de 18 espèces d'Hémiptères. Sur la base des graphes de l'évolution temporelle de la richesse spécifique totale, calculée en fonction des cycles hydrologiques, nous constatons que les cycles hydrologiques 1 et 3 sont les deux cycles les plus riches avec 15 espèces suivies par les cycles 2 et 4 avec 14 espèces.

Finalement, le cycle 5 est le plus pauvre représenté par 8 espèces : *Nepa cinerea*, *Corixa affinis*, *Corixa panzeri*, *Hesperocorixa linnaie*, *Hesperocorixa moesta*, *Sigara sp*, *Anisops sardea* et *Plea minutissima*, répertoriées au cours de ce cycle hydrologique. La richesse a diminué de 47 % par rapport au premier cycle hydrologique (Fig. 24).

La figure 25 montre que G. Dakhla, le Lac Bleu et la Saoulaie sont les sites les plus riches durant les cycles hydrologiques : G. Dakhla pendant le cycle 1 et le cycle 3, la Saoulaie durant le cycle 2 et le cycle 4, et le Lac Bleu au cours des trois derniers cycles hydrologiques.

En revanche, les faibles peuplements sont observés à G. Dakhla pour les deux cycles 1 et 5, G. Estah et La Saoulaie pendant le cycle cinq.

D'un point de vue global, G. Dakhla est le site le plus riche avec 17 espèces suivi par la Saoulaie représentée par 15 espèces, puis G. Estah avec 14 espèces et finalement 13 espèces ont été recensées au niveau du Lac Bleu, pendant la période d'étude (Fig. 26).

Les graphes de la variation spatiotemporelle de la richesse spécifique révèlent que durant le premier cycle les valeurs maximales ont été enregistrées au mois de décembre et de février à G. Dakhla et à la Saoulaie au mois de mai, à l'exception de la valeur nulle notée au mois de juillet août et janvier. La valeur minimale est enregistrée au niveau du Lac Bleu aux mois d'avril et mai avec 1 espèce (Fig. 27 a).

Pour le deuxième cycle, 9 espèces ont été récoltées à G. Dakhla au mois de novembre (la valeur la plus élevée), la valeur minimale observée au mois de janvier au niveau G. Estah et aux mois de janvier, février, mars, avril et mai dans le Lac Bleu (Fig. 27 b).

Les résultats de la richesse taxonomique sont proches dans le cycle hydrologique 3 et montrent une fluctuation similaire des peuplements tout au long de l'année (Fig. 27 c).

Pour le quatrième cycle hydrologique les valeurs élevées sont également notées aux mois de juillet et octobre au Lac Bleu et G. Estah avec sept et cinq espèces respectivement. Par contre, les valeurs les plus faibles sont observées à G. Dakhla aux mois janvier et février, à G. Estah pendant les mois de décembre, mars et avril. Au Lac Bleu aux mois d'octobre et de mars, pour la Saoulaie aux mois de juin, janvier et mai (Fig. 27 d).

La richesse spécifique varie de 0 à 4 espèces pendant le cycle cinq, c'est le cycle le plus pauvre en espèces. Cela est dû à l'assèchement complet qui touche les deux sites (G. Dakhla et G. Estah) durant six mois (juin, juillet, août, septembre, octobre et novembre) et probablement dû à la présence des poissons dans les quatre sites d'étude comme *Gambusia holbrooki* (Fig. 27 e).

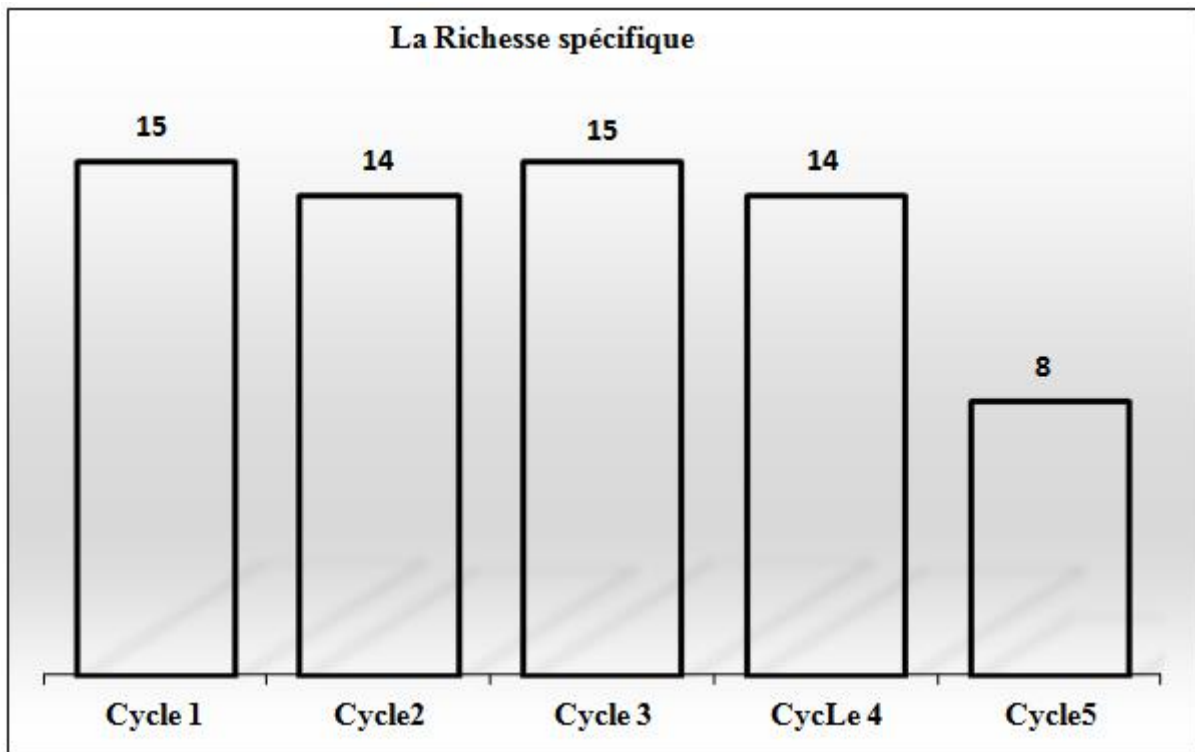


Fig. 24. Evolution temporelle de la richesse des Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude.

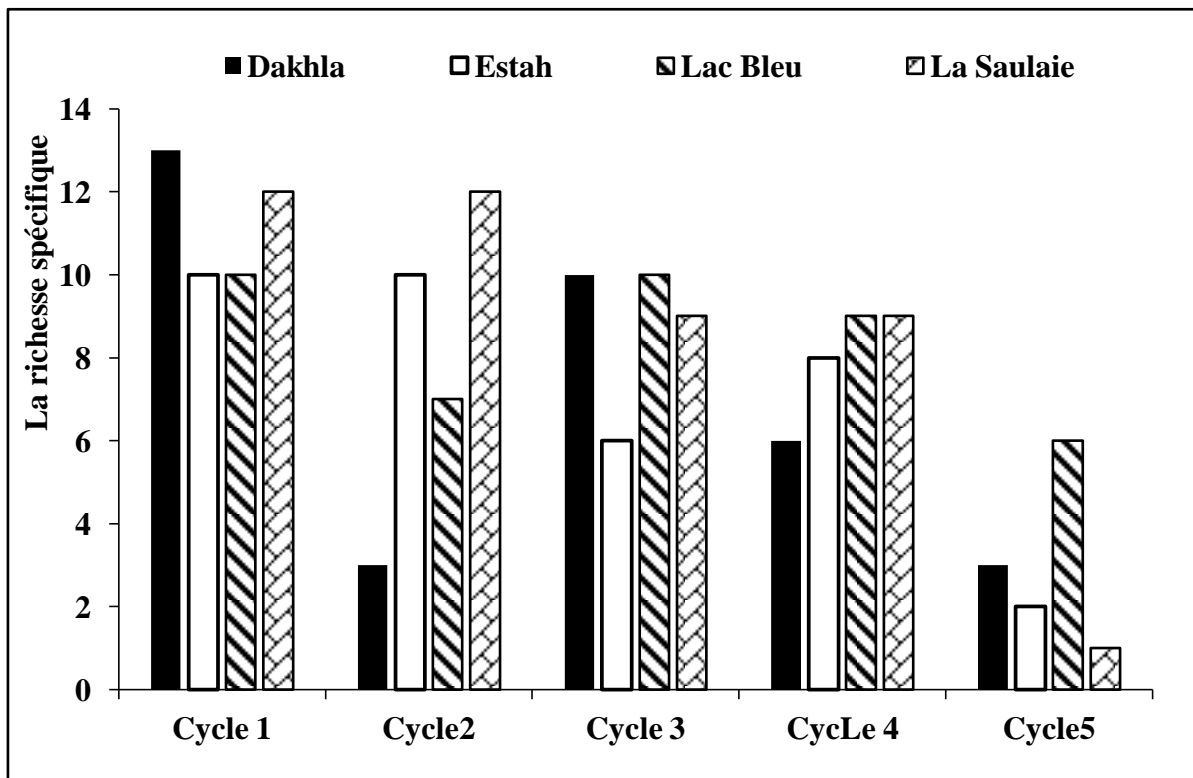


Fig. 25. Evolution spatiotemporelle de la richesse spécifique des Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude.

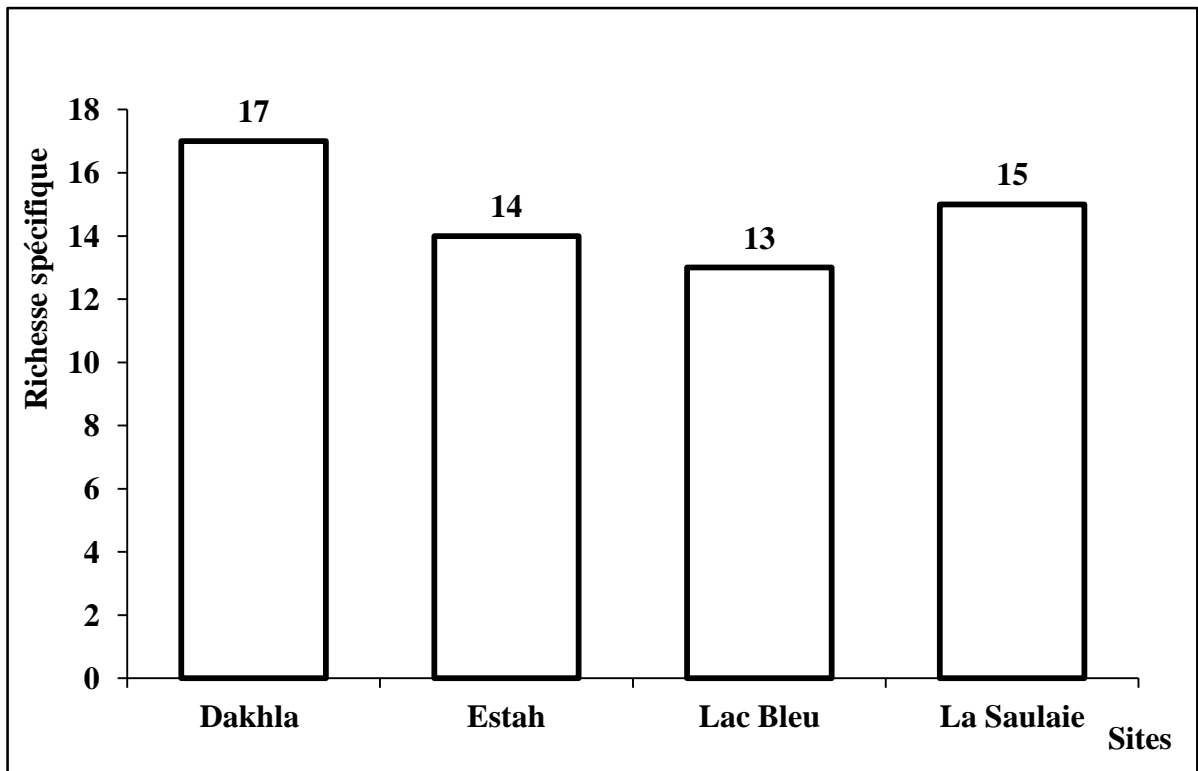


Fig. 26. Evolution spatiale de la richesse des Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude.

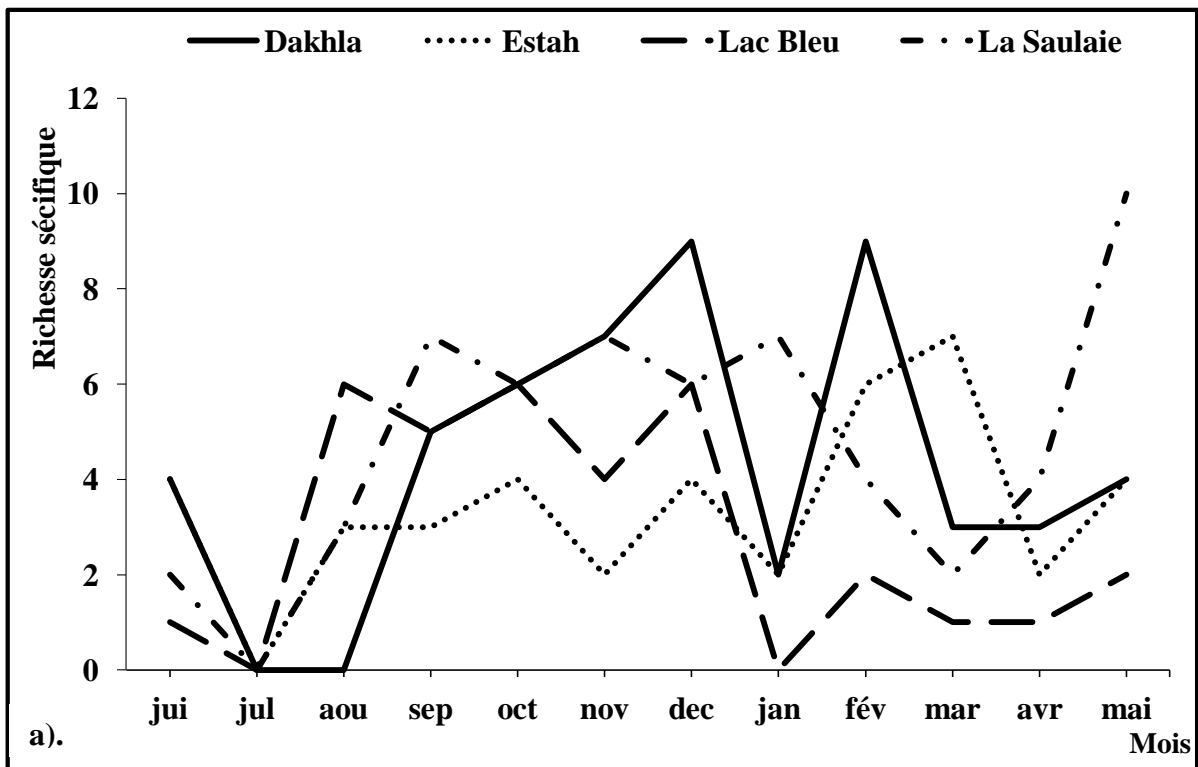


Fig. 27. Evolution mensuelle de la richesse des Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude (a : cycle 1).

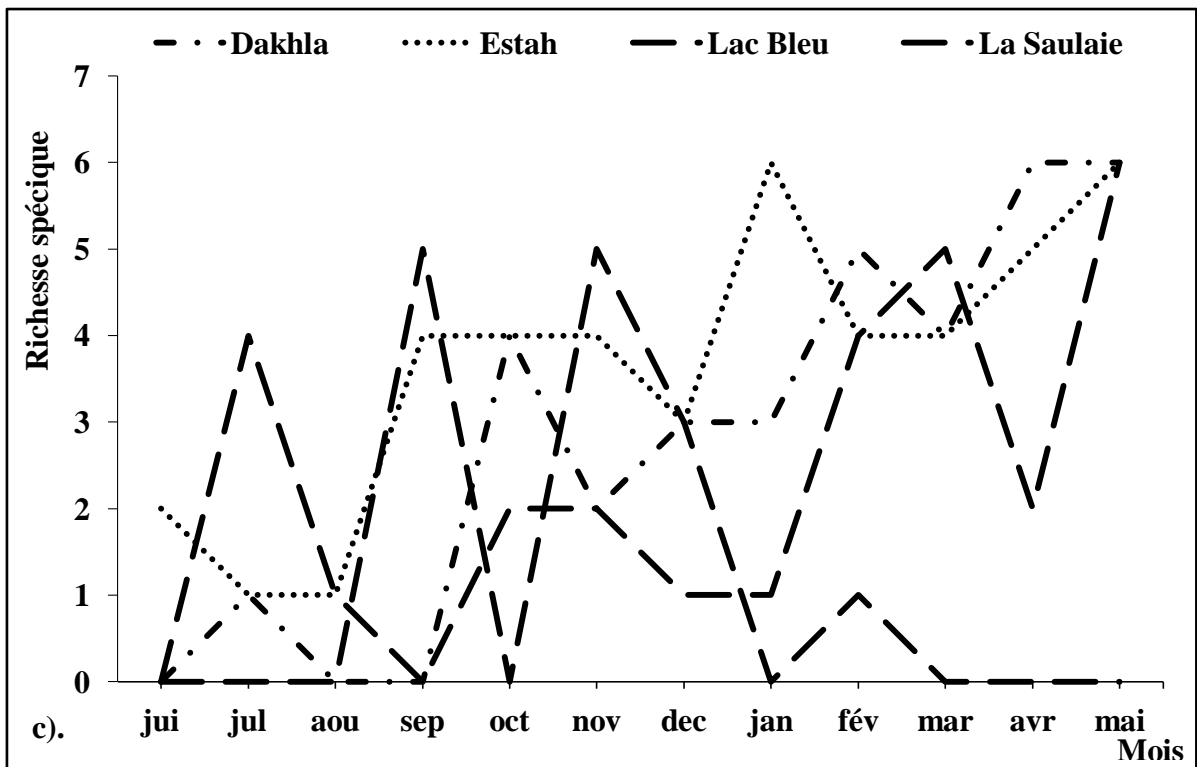
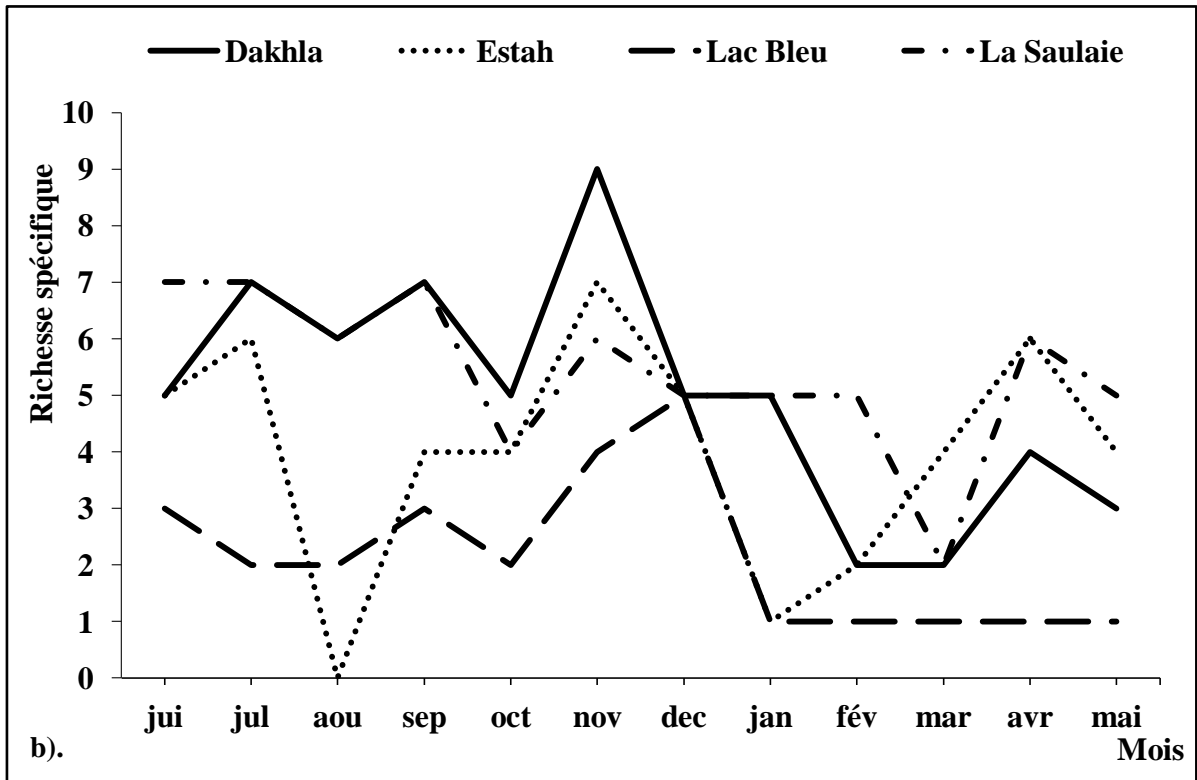


Fig. 27. Evolution mensuelle de la richesse des Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude (b : cycle 2, c : cycle 3).

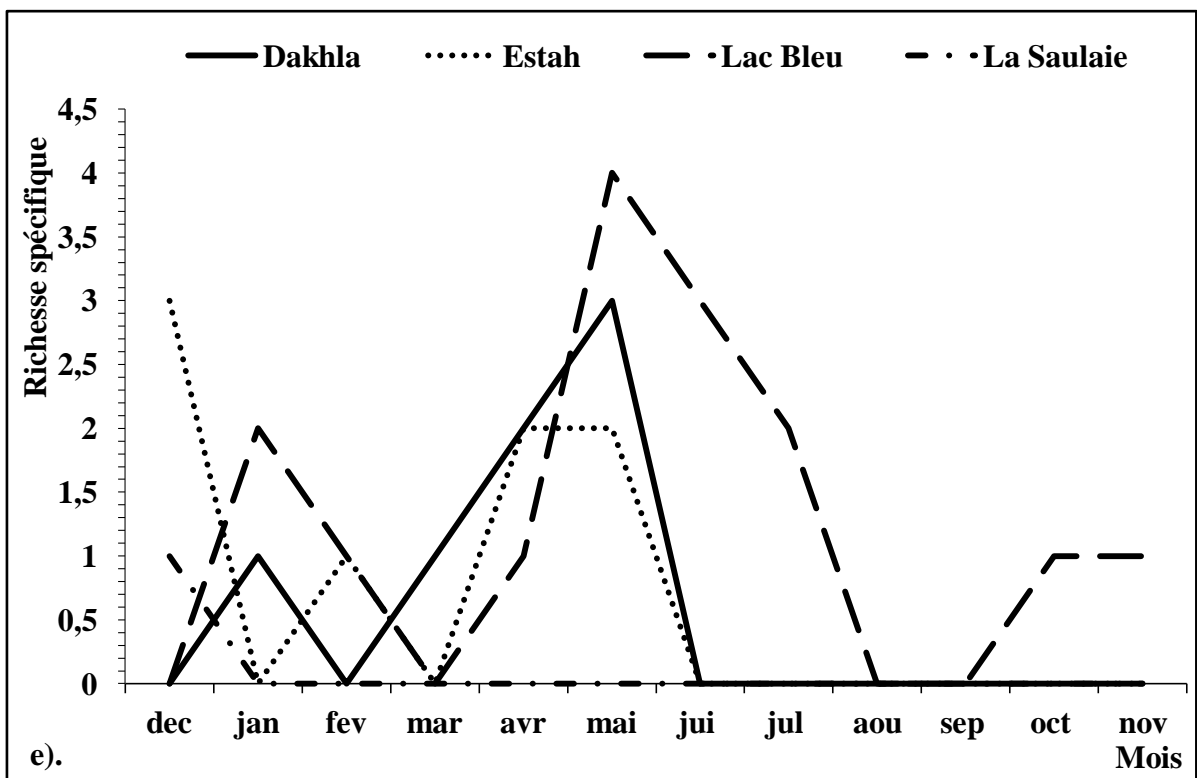
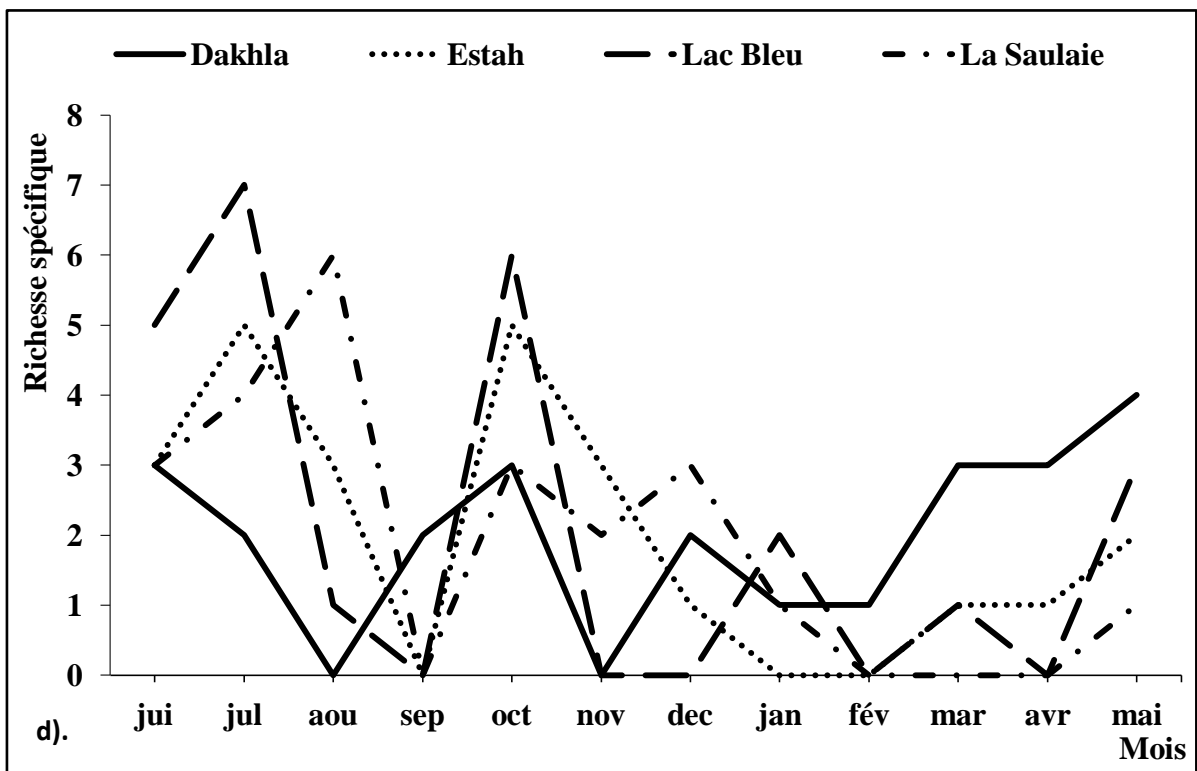


Fig. 27. Evolution mensuelle de la richesse des Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude (d : cycle 4, e : cycle 5).

3. 2. 2. Indice de Shannon

Les valeurs des moyennes de l'indice de Shannon ont été calculées en fonction Des cycles hydrologiques. Cet indice a montré une stabilité relative au cours des quatre premières périodes d'échantillonnage avant de subir une diminution marginale au cours du dernier cycle. En effet, les valeurs sont comprises entre 1,09 bits enregistrés au cours du dernier cycle hydrologique et 2,09 bits observés pendant le troisième et le quatrième cycle hydrologique (Fig. 28).

La figure 29 indique que les valeurs maximales sont notées au Lac Bleu pendant les trois premiers cycles, et à la Saoulaie au cours du le deuxième et du troisième cycle, les valeurs faibles ont été observées à G. Dakhla durant les trois premiers cycles, à G. Estah pendant le quatrième cycle et à la Saoulaie duran le cinquième cycle; un site qui est représenté par une seule espèce.

L'évolution spatiotemporelle de l'indice de Shannon est présentée dans la figure 30, les interprétations par cycle hydrologique sont: dans le cycle hydrologique 1, Les valeurs extrêmes de cet indice oscillent entre 0 bits et 2,99 bits enregistrées au Lac Bleu au mois de juin et à la Saoulaie au mois de mai, respectivement (Fig. 30 a). Pour le deuxième cycle hydrologique : Les valeurs les plus élevées sont enregistrées aux mois d'Avril (2,58 bits), juillet (2,47 bits), décembre (2,12 bits) et juin avec 1,85 bits au niveau de G. Estah, la Saoulaie, Lac Bleu et G. Dakhla respectivement (Fig. 30 b). Cependant, les valeurs les plus faibles ont été notées à G. Estah (0,35 bits), G. Dakhla (0,46 bits), la Saoulaie (0,61 bits) et au Lac Bleu (0,72 bits) durant les mois : février, octobre, mars et aout respectivement (sans compter les valeurs nulles qui sont enregistrées au mois de janvier pour G. Estah et aux mois de janvier février, mars, avril et mais pour le Lac Bleu (Fig. 30 b).

Concernant le troisième cycle hydrologique, les valeurs extrêmes de l'indice de Shannon sont présentées à la Saoulaie (2,47 bits) durant le mois de juillet et au niveau de G. Dakhla au mois d'octobre (sauf les valeurs nulles qui sont notées au mois de juillet et août pour G. Estah et aux mois de janvier, février, mars, avril et mai) (Fig. 30 c).

Pendant le quatrième cycle hydrologique la figure (30 d) montre que le peuplement de la Saulaie est la plus diversifiée avec une valeur élevée de 2,32 bits.

Au cinquième cycle hydrologique, à l'exception des valeurs nulles observées au mois de mars et au mois de septembre pour la Saulaie représentée par une seule espèce, les valeurs mensuelles de l'indice de Shannon varient entre 0,31 bits au niveau de G. Dakhla au mois de mai, et 1,84 bits à la Saulaie également au mois de mai (Fig. 30 e).

D'un point de vu global, les sites d'étude ont présenté une diversité importante pendant les quatre premiers cycles avant que cette diversité ne subisse un déclin marqué.

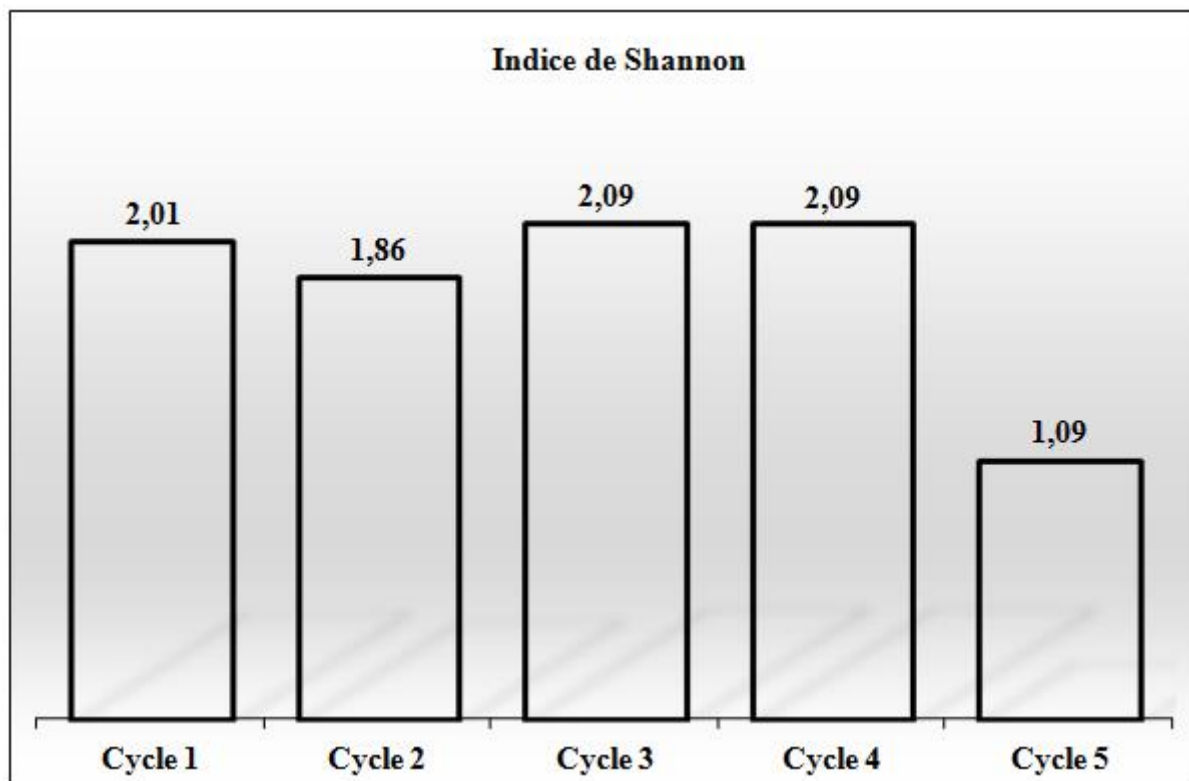


Fig. 28. Evolution temporelle de la moyenne de l'indice de Shannon des espèces d'Hémiptères inventoriées dans les sites d'étude.

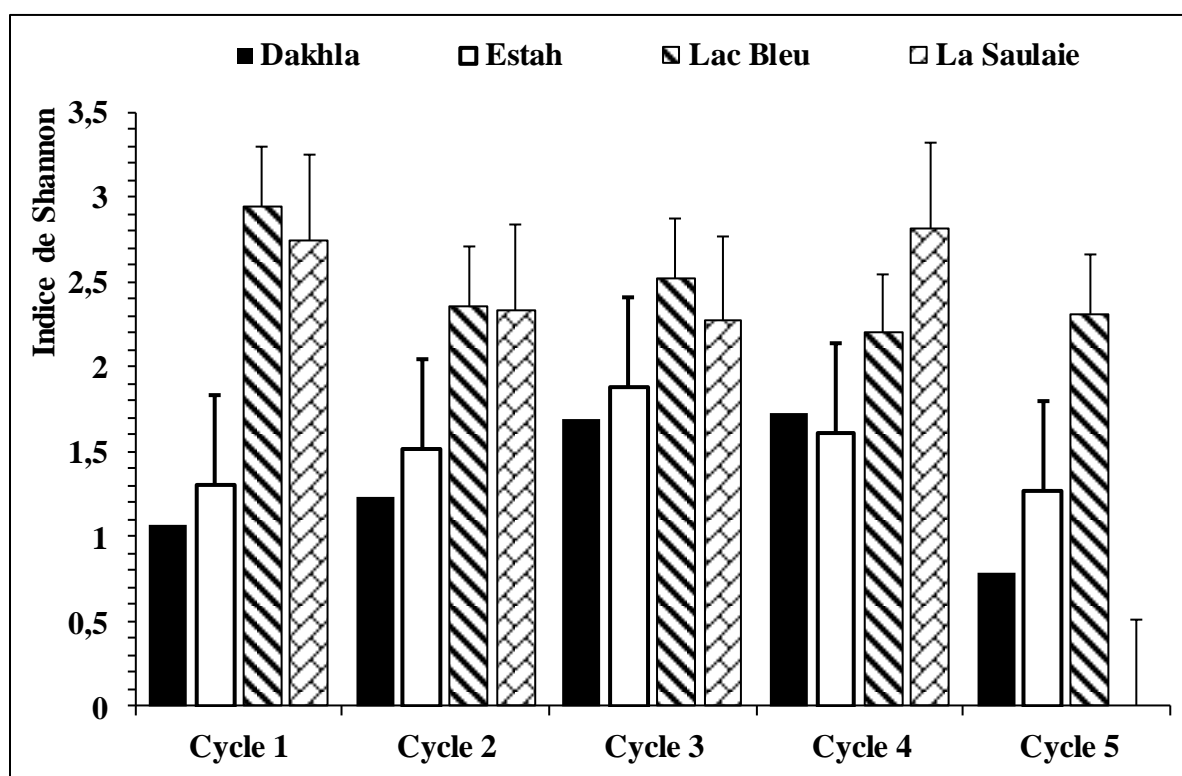


Fig. 29. Evolution spatiotemporelle de de l'indice de Shannon des espèces d'Hémiptères inventoriées dans les sites d'étude.

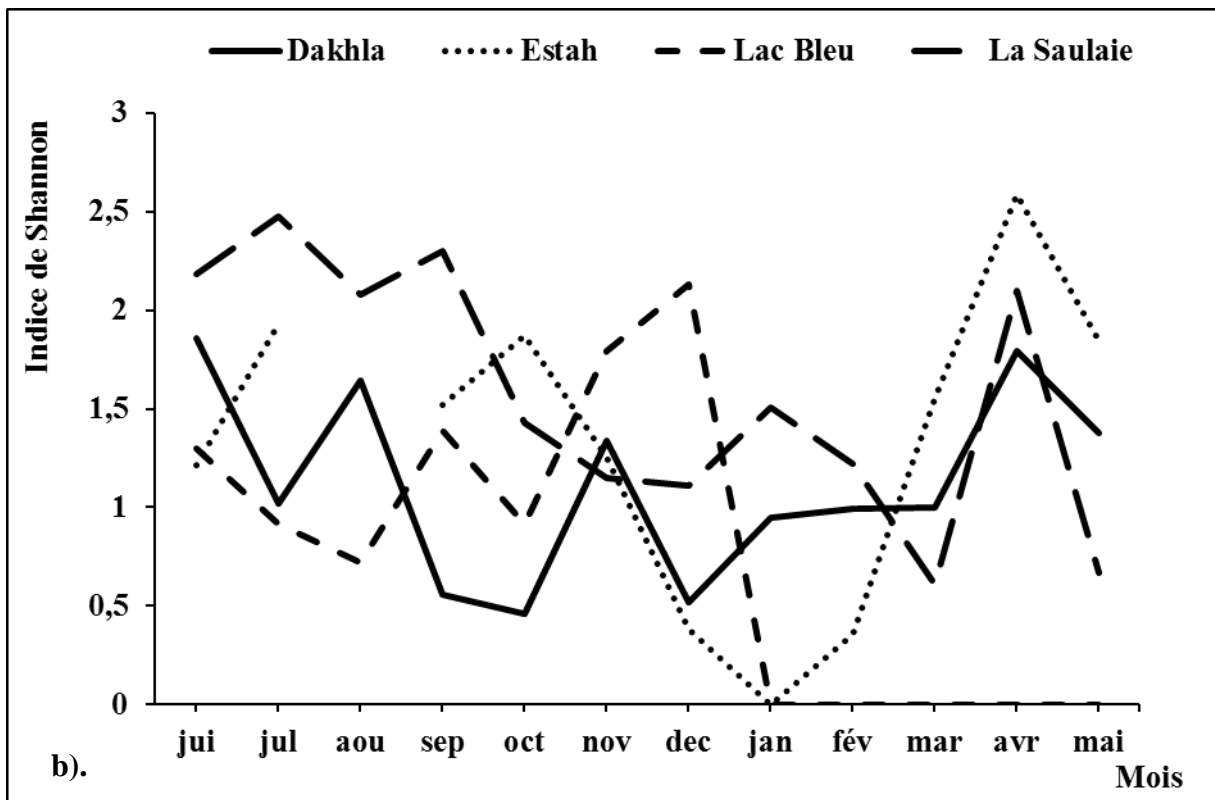
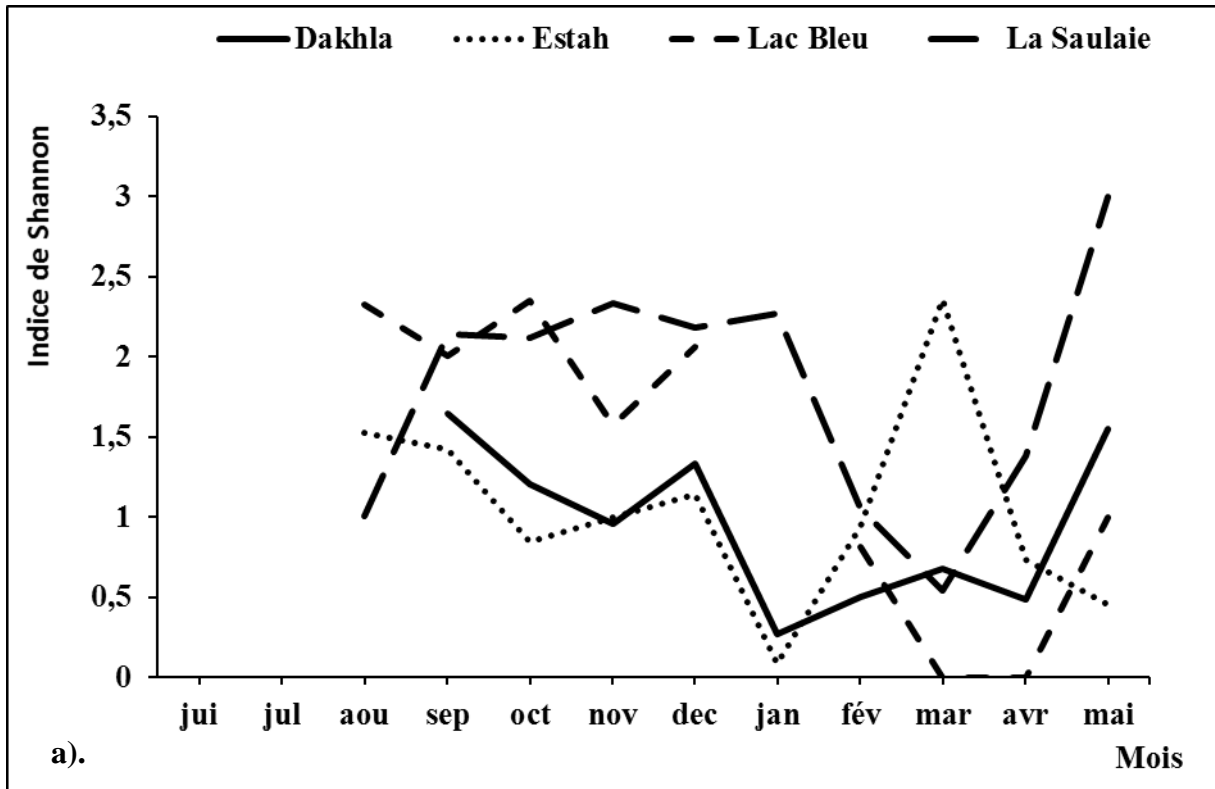


Fig. 30. Evolution spatiotemporelle de l'indice de Shannon des espèces inventoriées dans les sites d'étude (a : cycle 1, b : cycle 2).

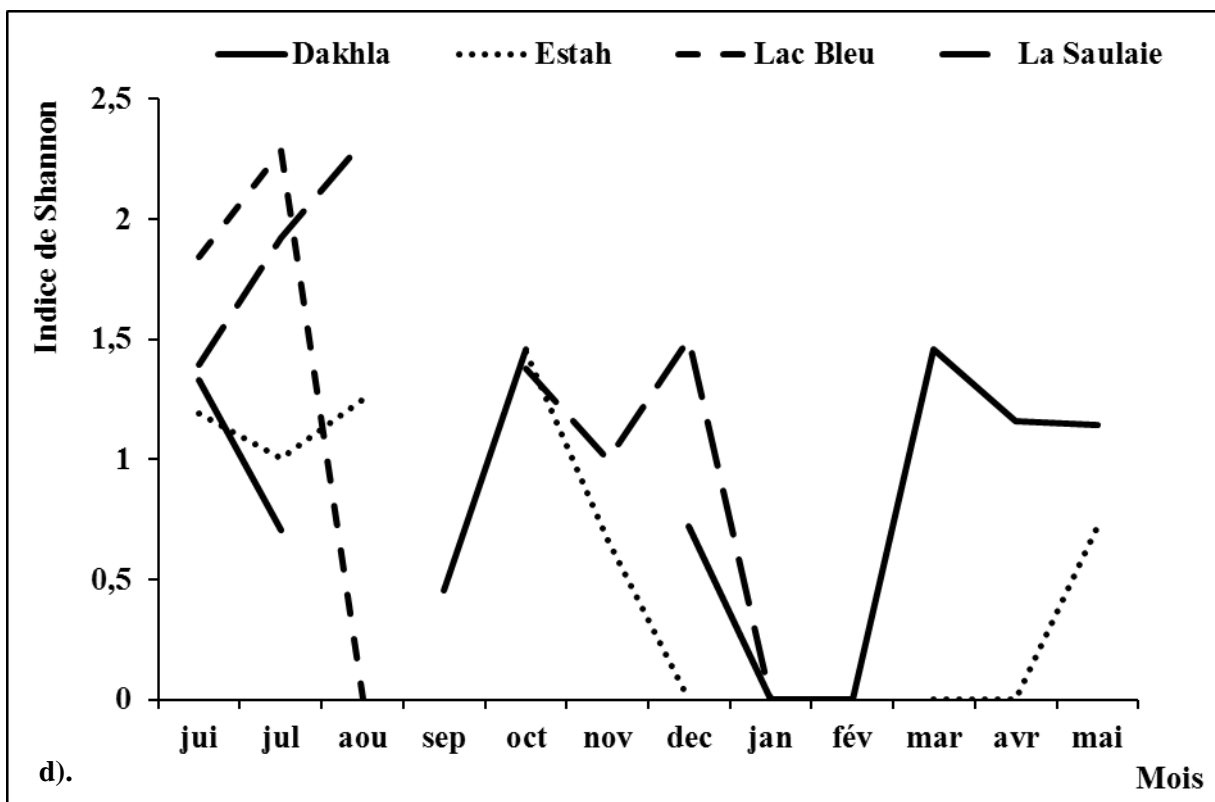
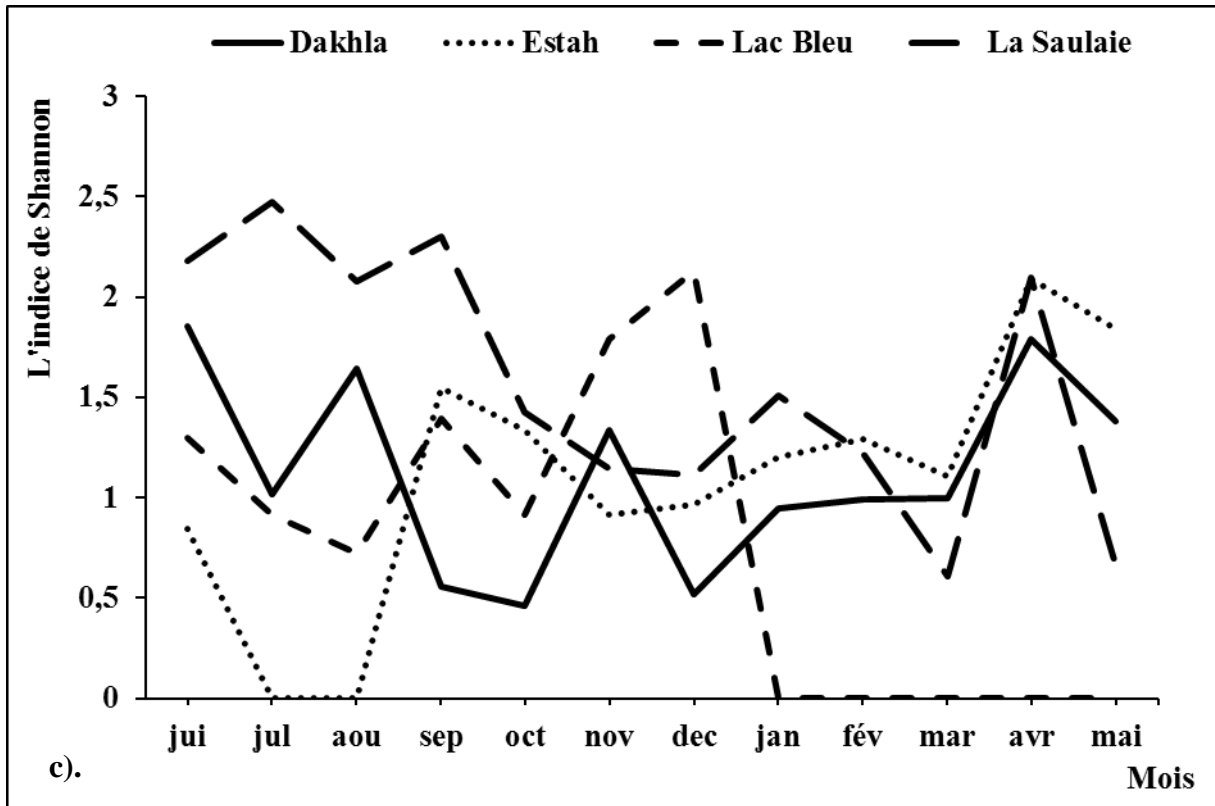


Fig. 30. Evolution spatiotemporelle de l'indice de Shannon totale des espèces inventoriées dans les sites d'étude (c : cycle 3, d : cycle 4).

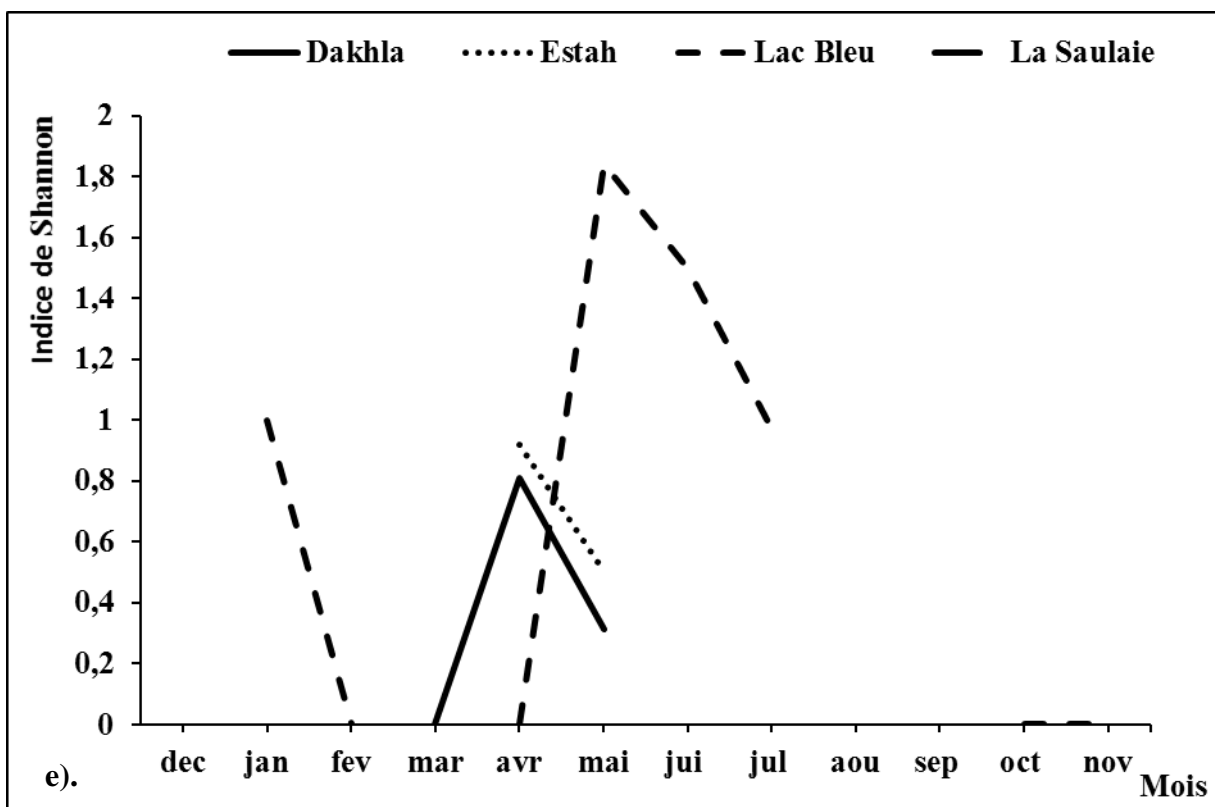


Fig. 30. Evolution spatiotemporelle de l'indice de Shannon totale des espèces inventoriées dans les sites d'étude (e : cycle 5).

3. 2. 3. Indice de Margalef

Les valeurs de l'indice de Margalef sont élevées pendant les cinq cycles hydrologiques. Elles varient entre 0,94 et 1,97, exprimant une relative diversité de nos sites d'études (Fig. 31). Ainsi, la Saulaie pendant les cycles 1,2 et 4 et le Lac Bleu durant les cycles 1,3 et 5 montrent des valeurs élevées de l'indice de Margalef. Par contre, G. Dakhla présente la valeur la plus faible pendant le cinquième cycle et la Saulaie présente une valeur nulle durant ce même cycle (Fig. 32).

Les valeurs mensuelles de cet indice sont comprises entre 0 et 2,42, fluctuant de manière similaire dans tous les sites, avec des valeurs faibles pendant le quatrième et le cinquième cycle hydrologique (Fig. 33 a, b, d, c, e).

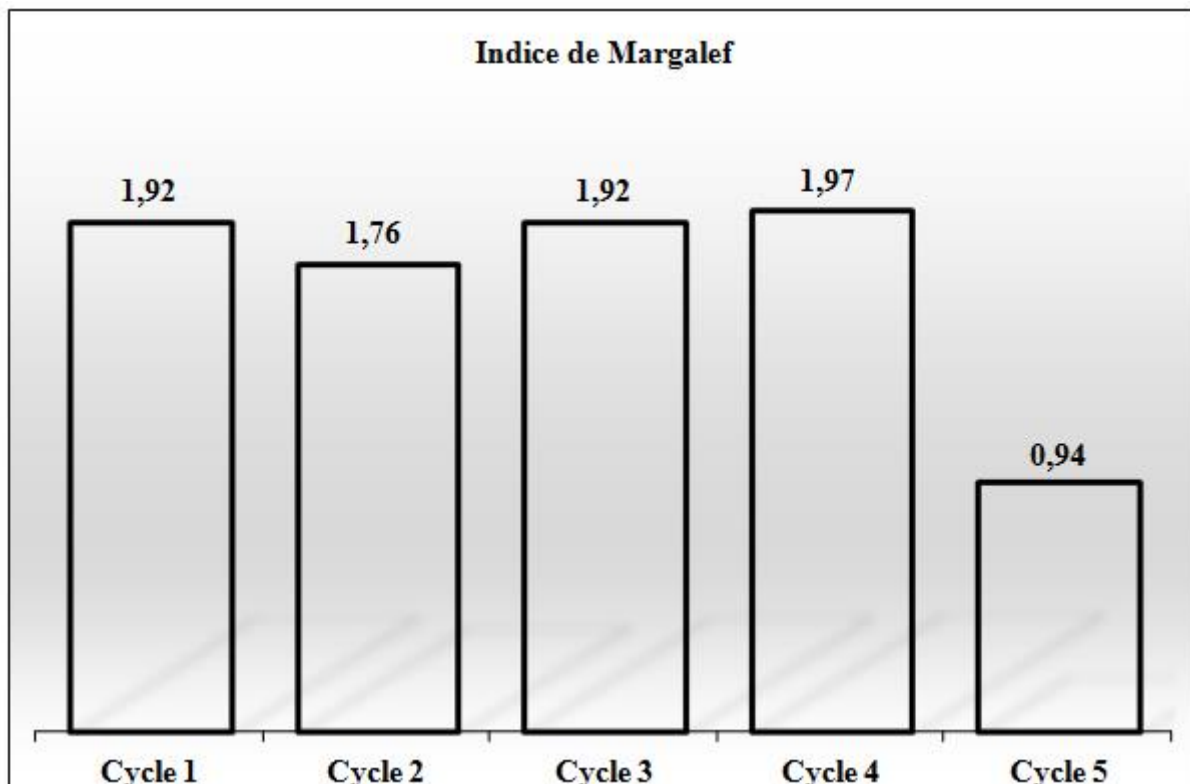


Fig. 31. Evolution temporelle de l'indice de Margalef des Hémiptère dans les sites d'étude.

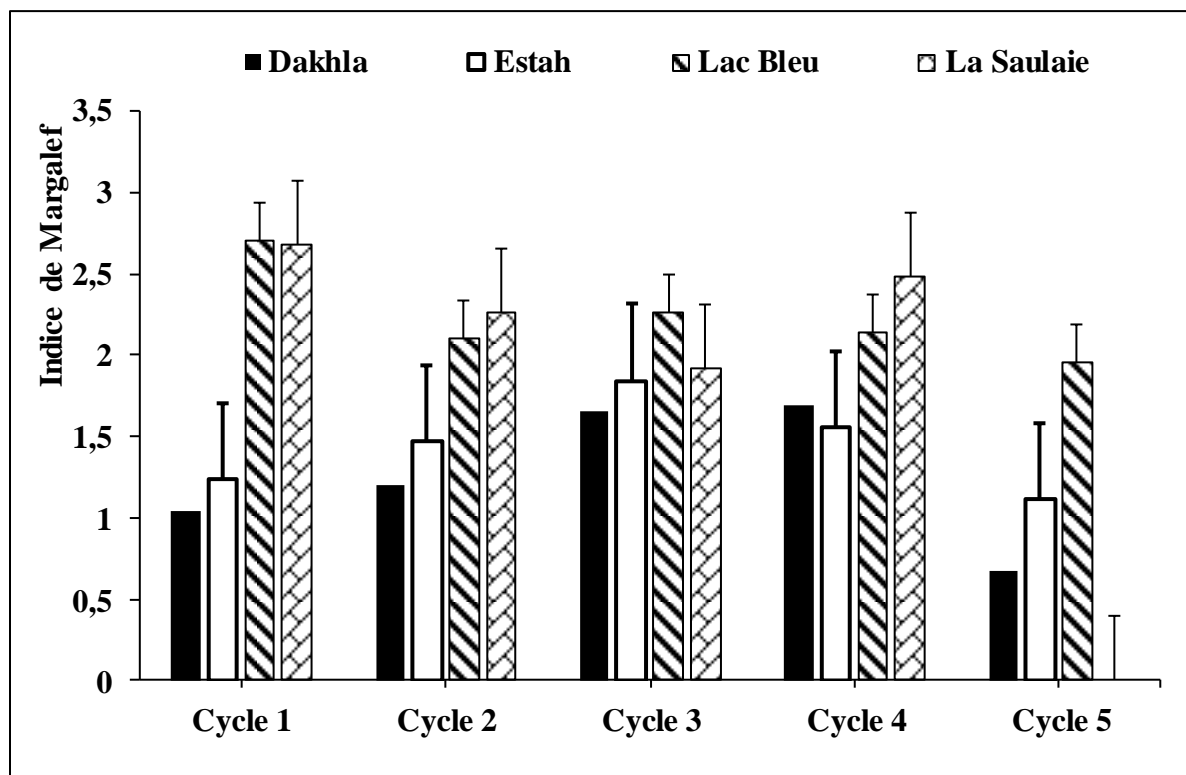


Fig. 32. Evolution spatiotemporelle de l'indice de Margalef des Hémiptères dans les sites d'étude.

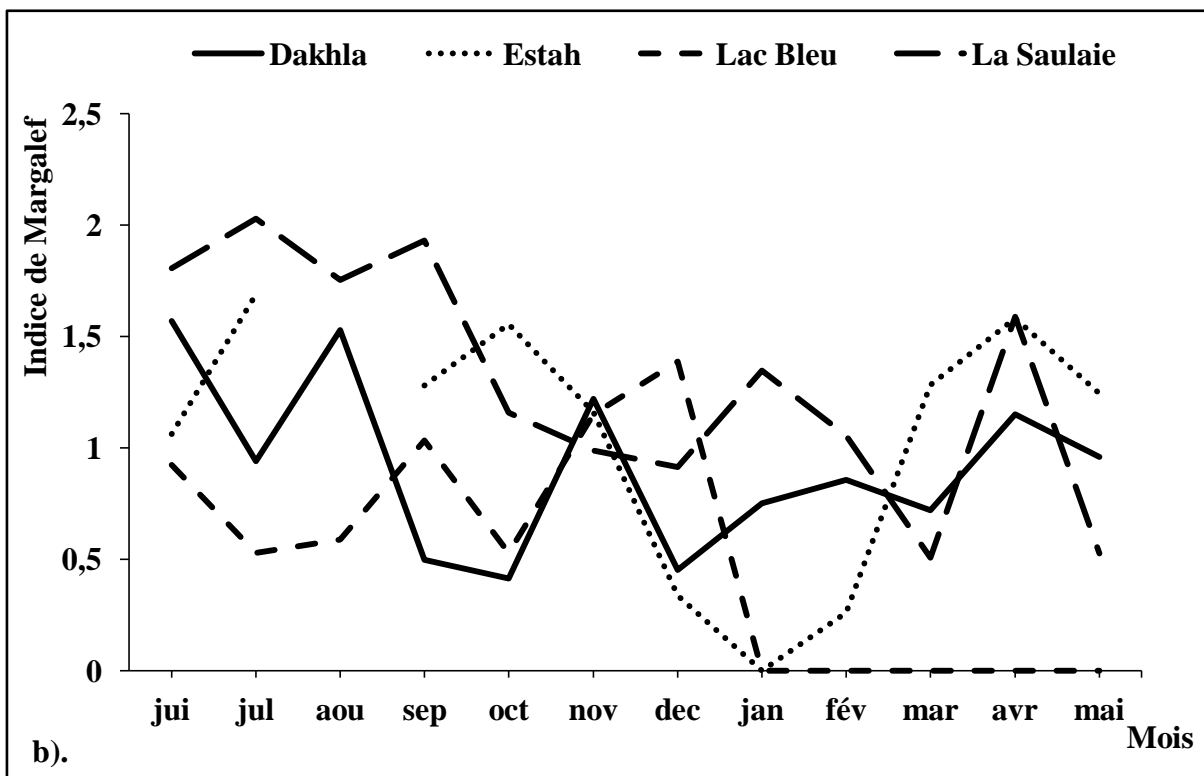
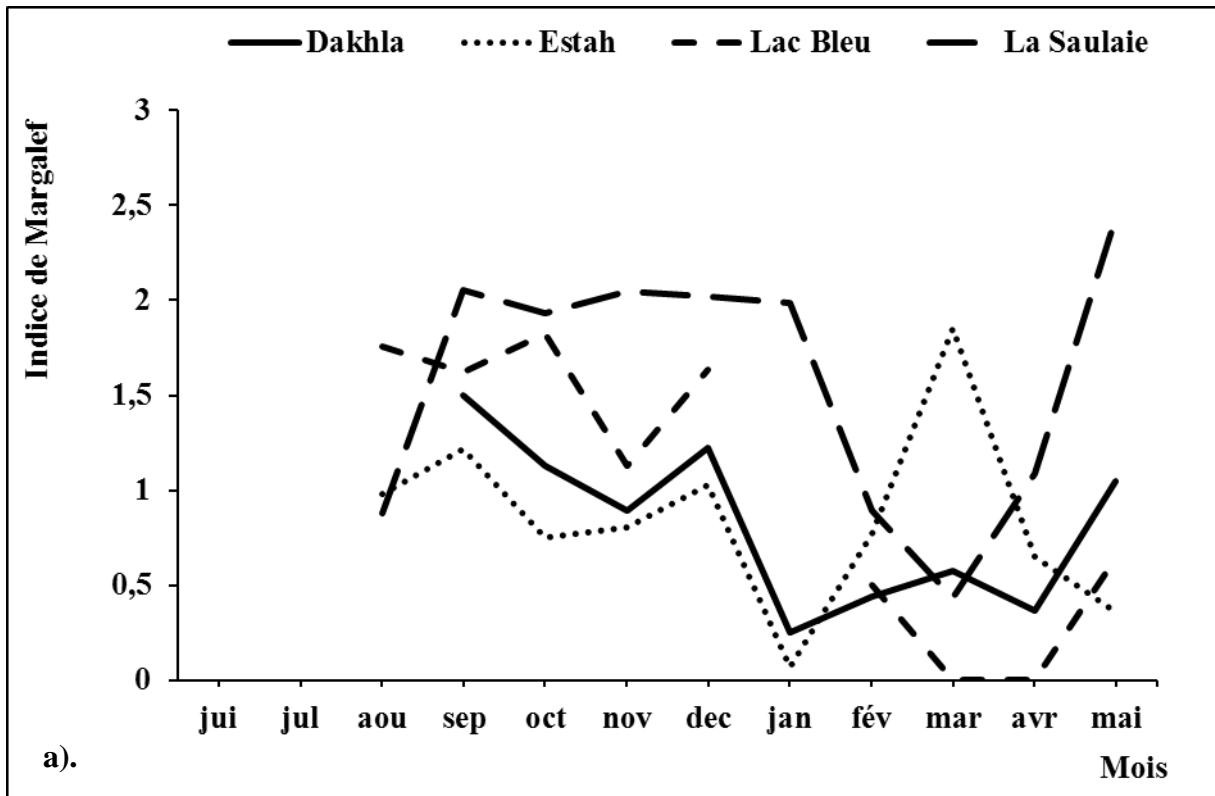


Fig. 33. Evolution spatiotemporelle de l'indice de Margalef des Hémiptères inventoriés dans les sites d'étude (a : cycle 1, b : cycle 2).

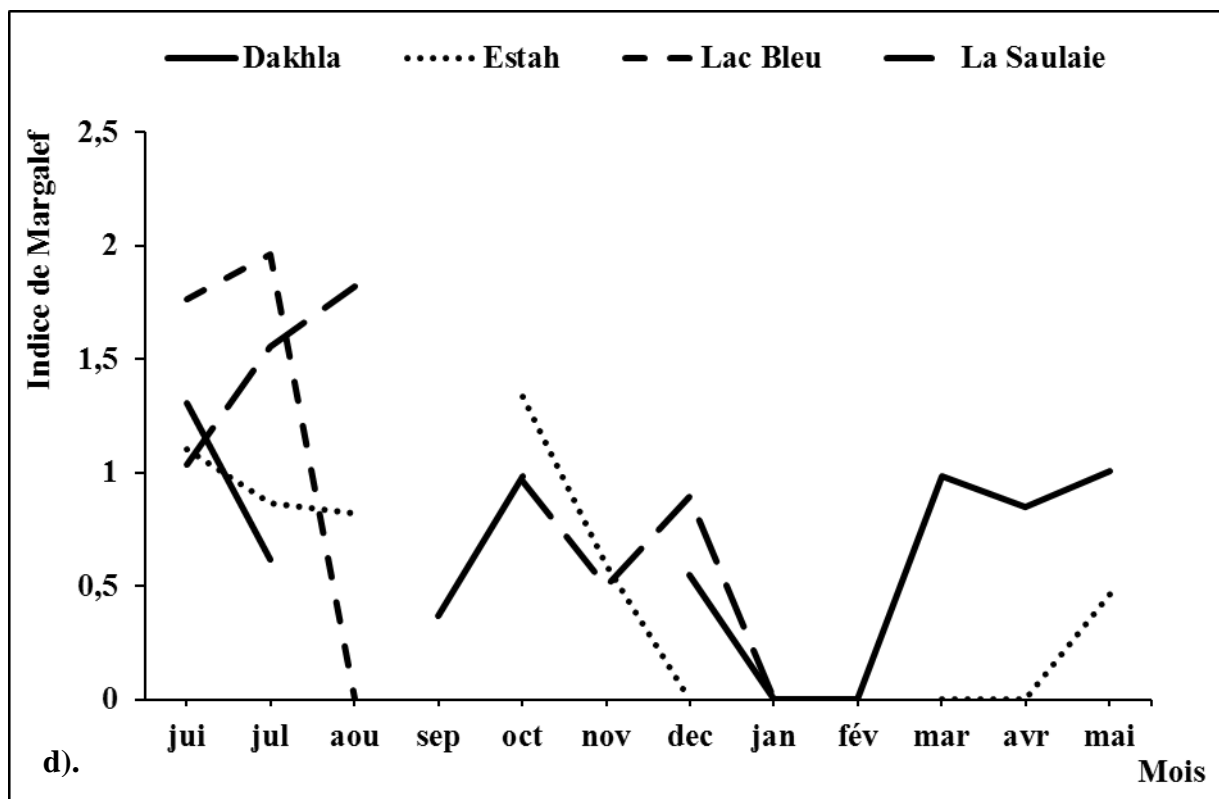
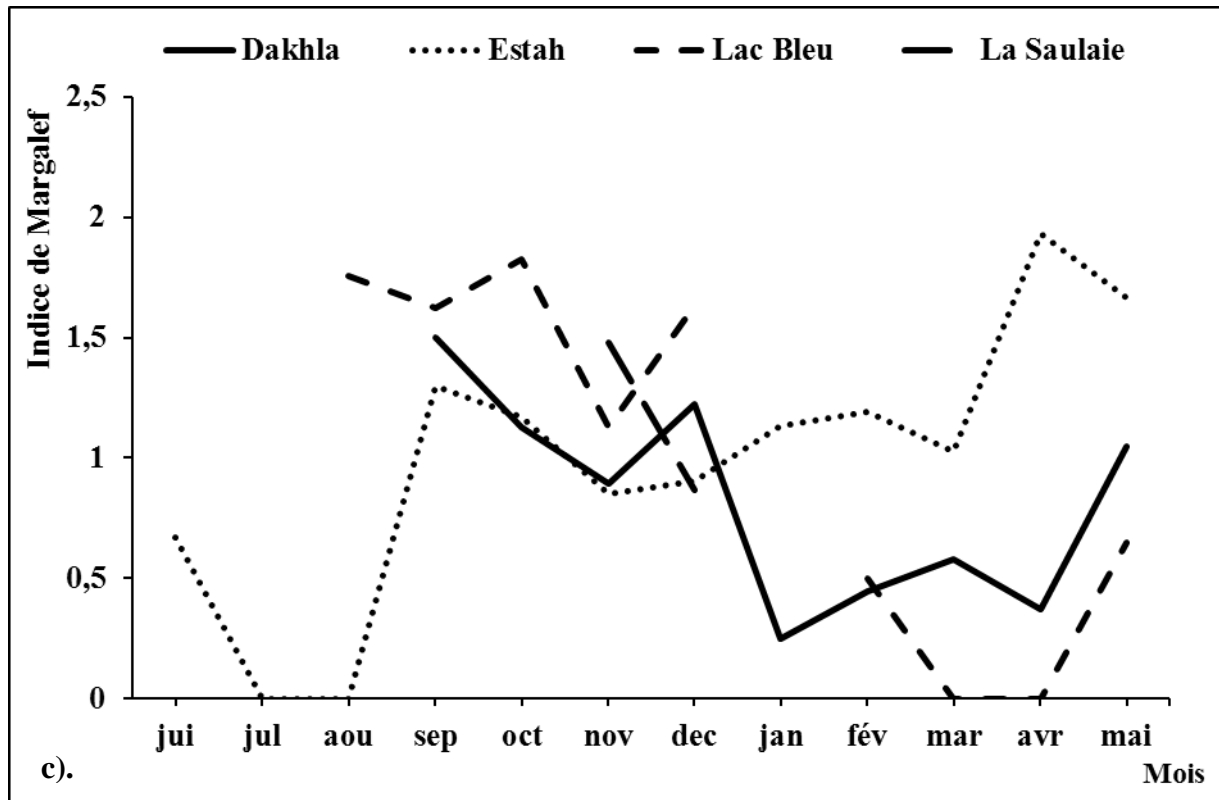


Fig. 33. Evolution spatiotemporelle de l'indice de Margalef des Hémiptères inventoriées dans les sites d'étude (c : cycle 3, d : cycle 4).

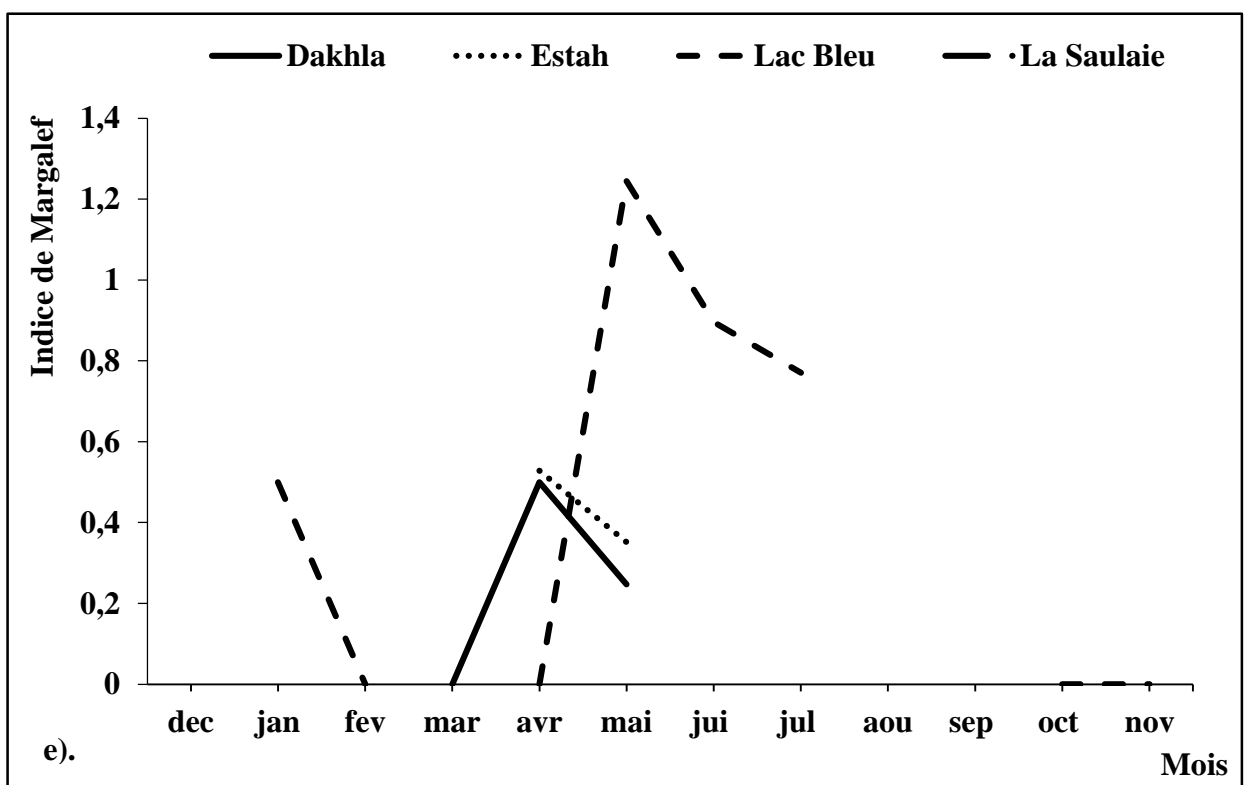


Fig. 33. Evolution spatiotemporelle de l'indice de Margalef totale des Hémiptères inventoriées dans les sites d'étude (e : cycle 5).

3. 2. 4. Équitabilité de Pielou

Dans l'ensemble, l'indice d'équitabilité de Pielou est relativement élevé, il varie entre 0,57 pendant le deuxième cycle et 0,69 au quatrième cycle (Fig. 34). La figure 35 montre que le Lac Bleu est le site présentant les valeurs les plus élevées pendant le premier, le deuxième, le troisième et le cinquième cycle hydrologique.

La Saulaie présente également des valeurs élevées durant le quatrième cycle. Par contre, G. Dakhla exhibe des valeurs faibles pendant le premier et le deuxième cycle hydrologique.

Pour le premier cycle, les deux valeurs extrêmes ont été enregistrées à G. Dakhla au mois de janvier (0,27) et au mois de mai au Lac Bleu et à la Saulaie au mois de juin (Fig. 36 a). Pendant le cycle 2, la valeur maximale de 1 a été notée à G. Dakhla pendant le mois de mars et à G. Estah durant le mois d'avril, alors que la valeur minimale a été enregistrée à G. Dakhla avec 0,27 au mois de juin (Fig. 36 b).

Le troisième cycle présente les valeurs les plus élevées de l'équitabilité au le Lac Bleu au mois d'octobre avec 1, et la valeur minimale (0,06) à G. Dakhla au mois de novembre (Fig. 36 c). Ces valeurs oscillent entre 0,12 et 1 au mois de janvier au Lac Bleu et au mois de novembre à la Saulaie, respectivement, pendant le quatrième cycle (Fig. 36 d).

Finalement, les valeurs du cinquième cycle hydrologique varient entre 0,02 à G. Dakhla au mois de mai et 1 au mois de janvier au niveau du Lac Bleu.

Ces données indiquent une fluctuation saisonnière de la structure des peuplements des Hémiptères aquatiques des dépressions dunaires (Fig. 36 a, b, c, d, e).

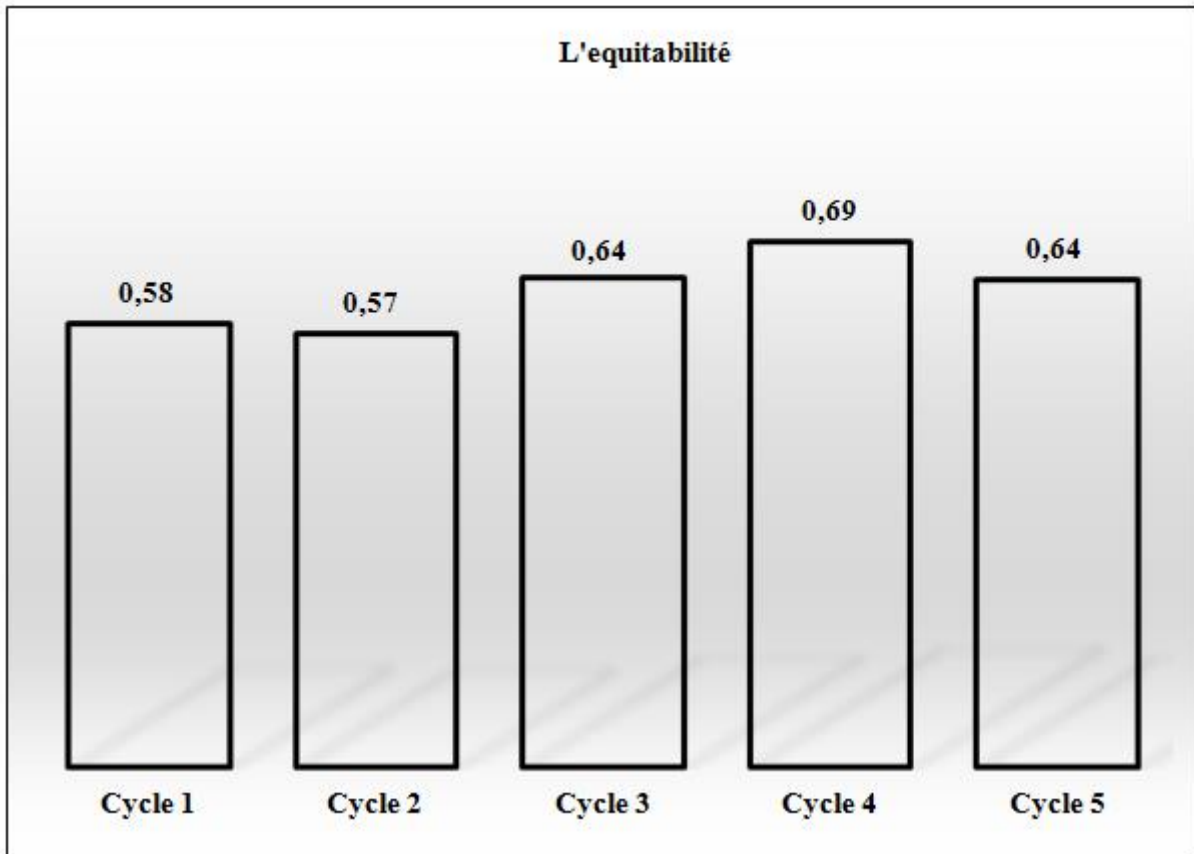


Fig. 34. Evolution temporelle de l'équitabilité de Pielou des taxa inventoriés dans les sites d'étude pendant les cinq cycles hydrologiques.

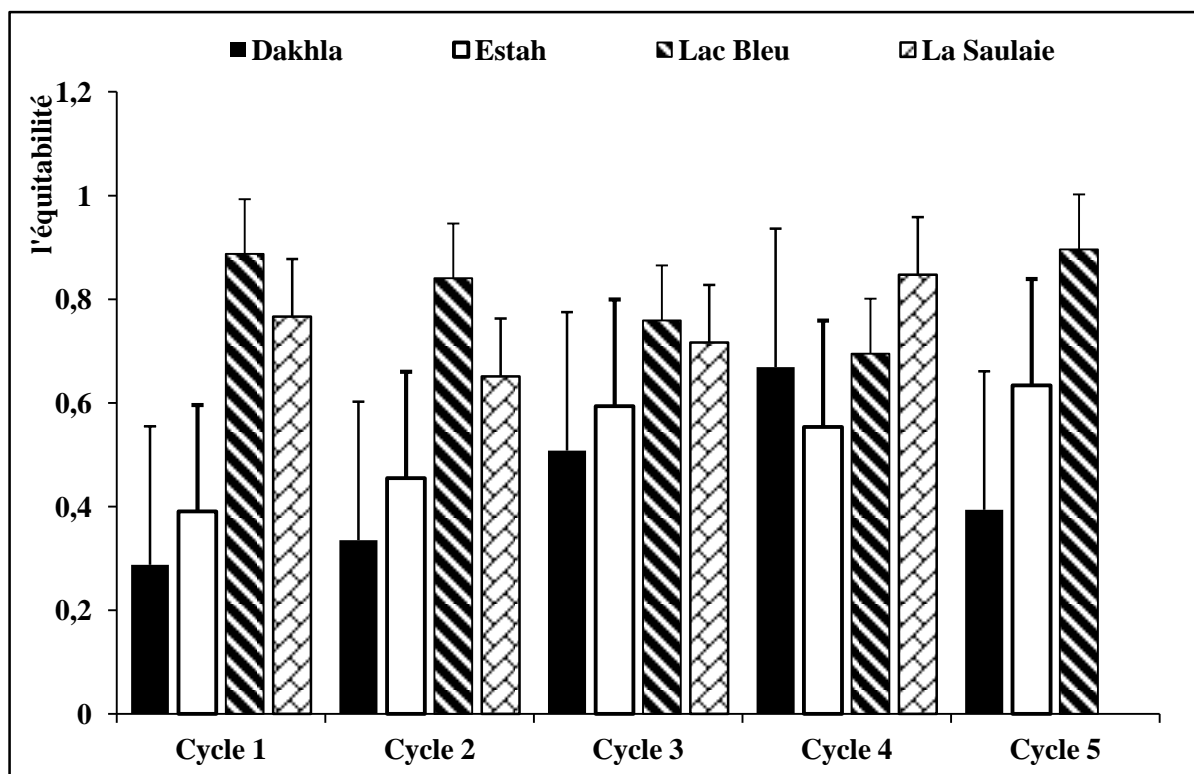


Fig. 35. Evolution spatiotemporelle de l'équitabilité des Hémiptères inventoriés.

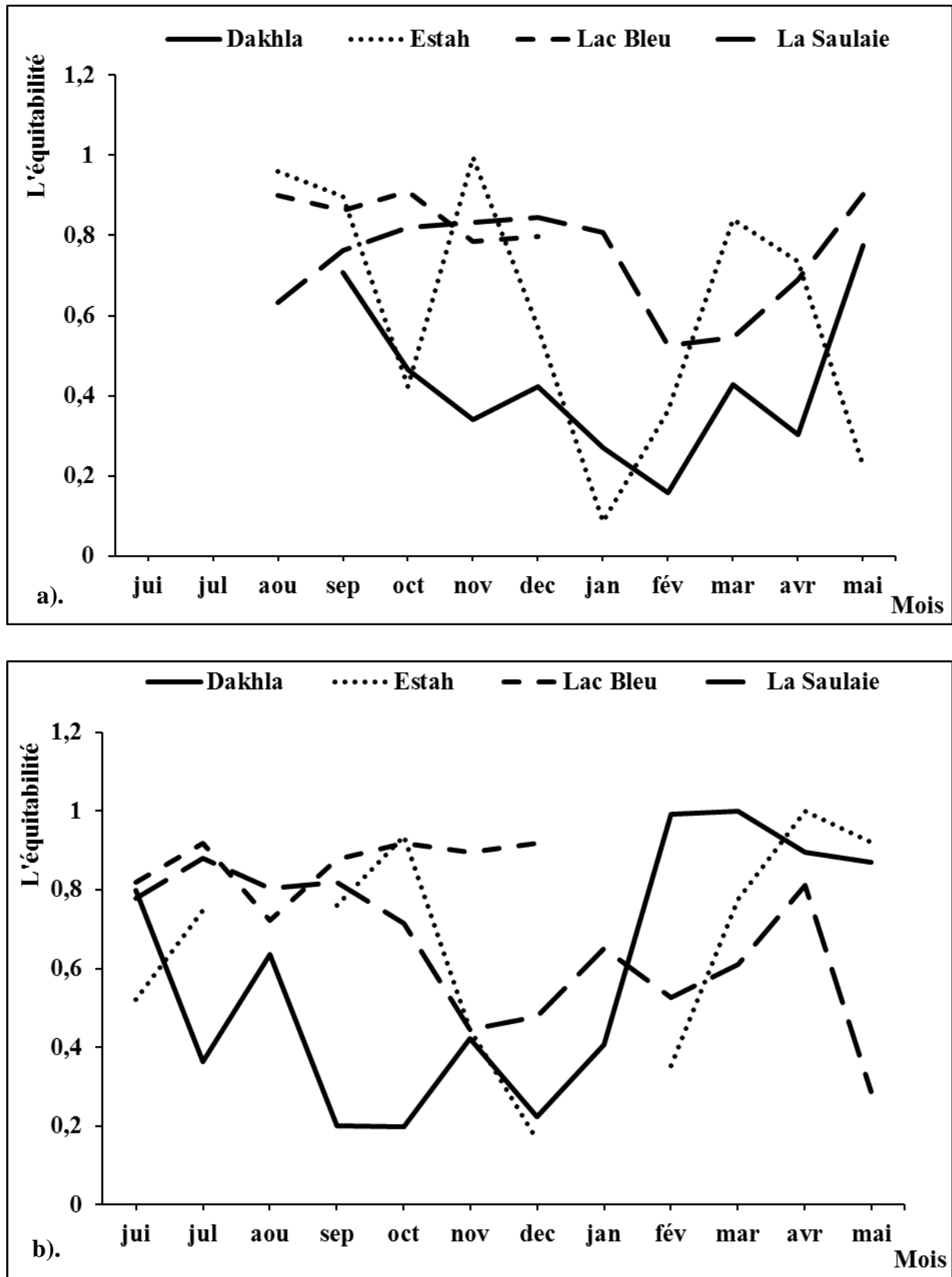


Fig. 36. Evolution spatiotemporelle mensuelle de l'Equitabilité de Piéou des espèces d'Hémiptères inventoriées dans les sites d'étude (a : cycle 1, b : cycle 2).

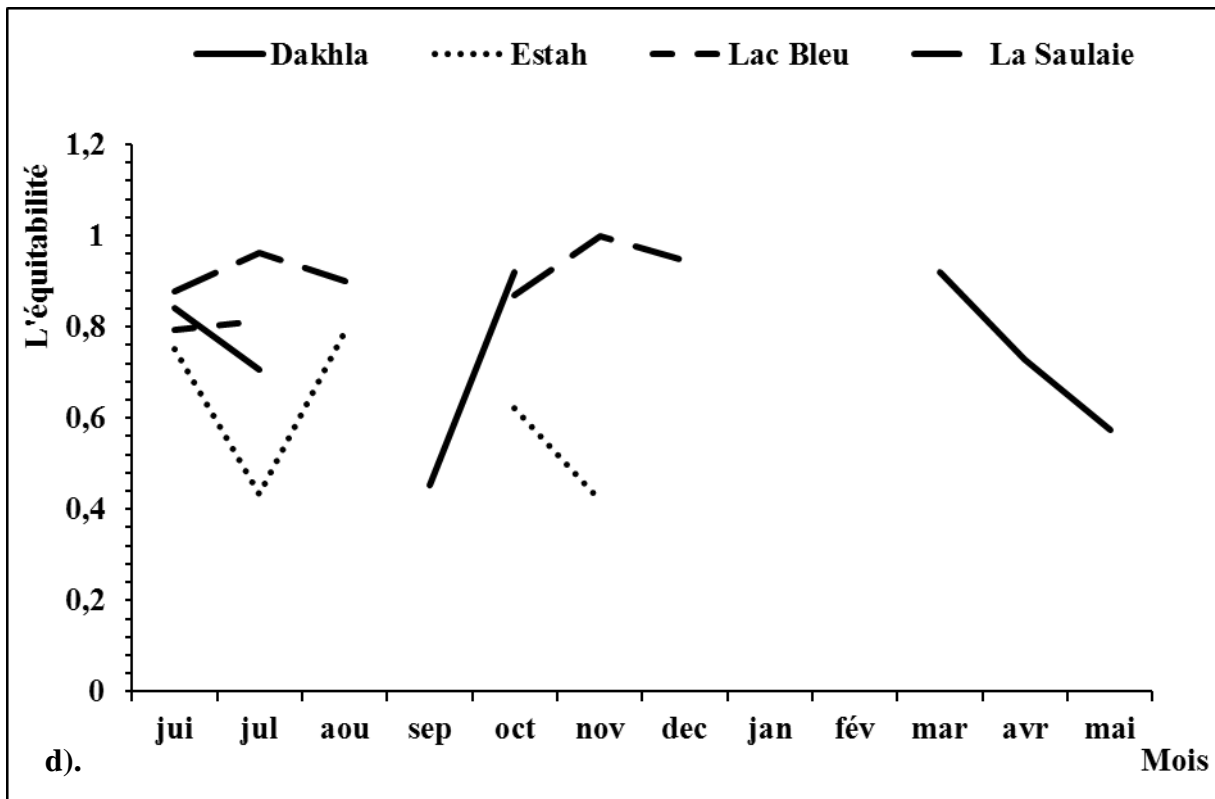
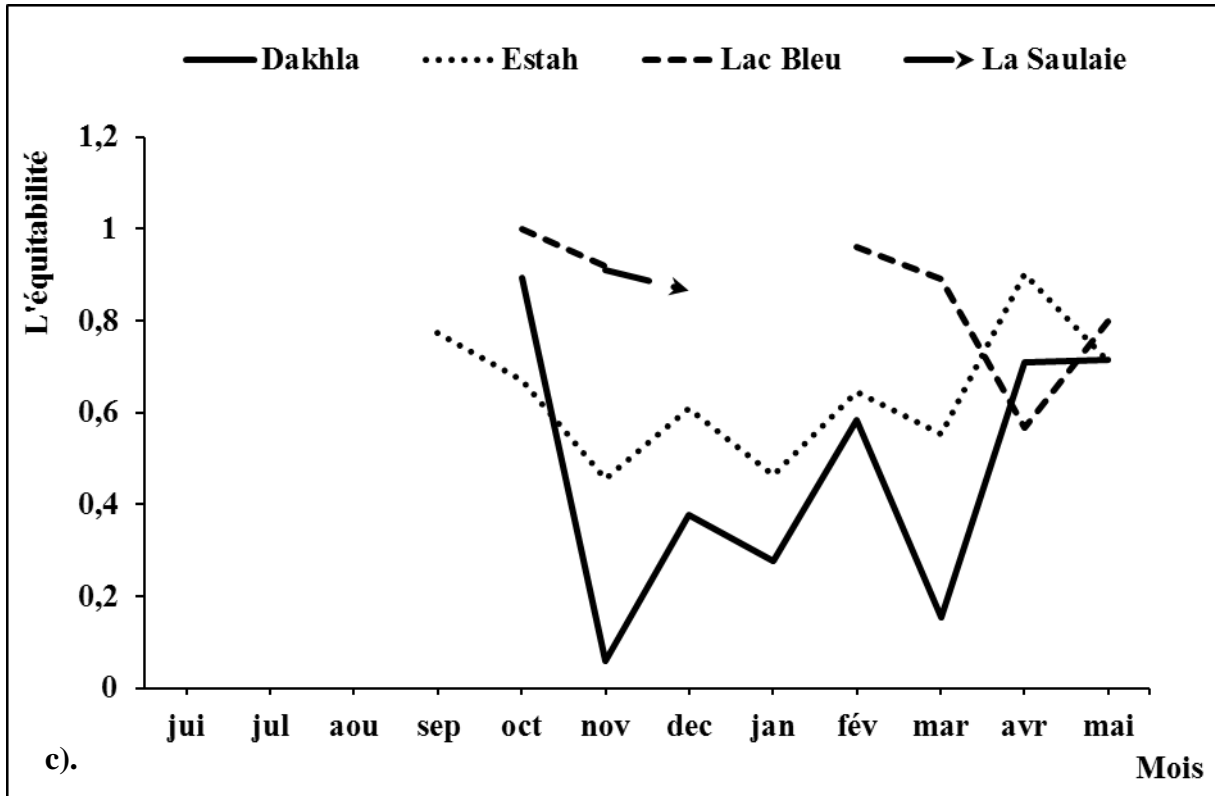


Fig. 36. Evolution spatiotemporelle mensuelle de l'Equitabilité de Piélu des espèces d'Hémiptères inventoriées dans les sites d'étude (c : cycle 3, d : cycle 4).

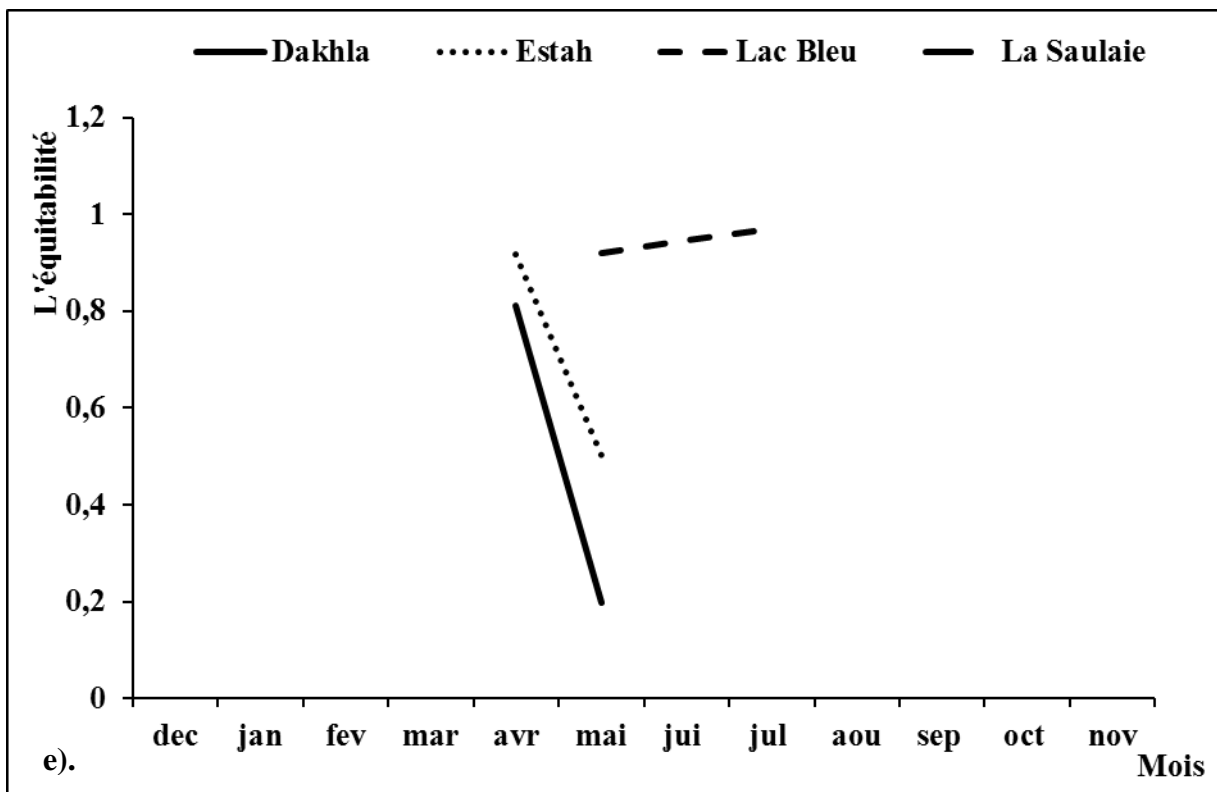


Fig. 36. Evolution spatiotemporelle mensuelle de l'équitabilité de Piélu des espèces d'Hémiptères inventoriées dans les sites d'étude (e : cycle 5).

3. 3. Similarité entre les sites d'étude

Les coefficients de similitude ont été calculés pour les quatre sites d'études, pris deux à deux durant la période d'étude, les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 6.

3. 3. 1. Les indices de similarité l'indice de Sorensen et de Jaccard

Les indices de similarité (coefficient de Sorensen, coefficient de Jaccard), révèlent que les valeurs oscillent entre 0,73 et 0,92 pour le coefficient de Sorensen, les valeurs de coefficient de Jaccard varient entre 0,72 et 0,73 (Tableau. 6). Ceci explique la forte similitude faunistique entre les quatre sites d'études, bien qu'ils présentent une grande différence (de nature physique comme l'éloignement relatif entre G. Dakhla, G. Estah et Lac Bleu, la Saulaie, certains biotopes sont permanents alors que d'autres sont temporaires. La différence de la profondeur des sites, ainsi la Saulaie est le site le moins profond. Les 4 sites diffèrent aussi par leur composition et structure végétale).

Tableau 6. Coefficients de similitude des sites étudiés durant les cinq cycles hydrologiques.

		G. Dakhla	G. Estah	Lac Bleu	La Saulaie
Indice de Sorensen	G. Dakhla	1			
	G. Estah	0,84	1		
	Lac Bleu	0,73	0,74	1	
	La Saulaie	0,85	0,87	0,92	1
Indice de Jaccard	G. Dakhla	1			
	G. Estah	0,72	1		
	Lac Bleu	0,79	0,82	1	
	La Saulaie	0,74	0,76	0,93	1

4. Influence de variables abiotiques et biotiques sur la distribution des Hémiptères

4. 1. Analyse de données physicochimiques

Le but ultime de notre étude est de comprendre l'évolution des peuplements des insectes aquatiques et plus particulièrement des Hémiptères aquatiques des dépressions dunaires de la Numidie Orientale et identifier les facteurs qui agissent sur leur répartition et abondance. Les peuplements faunistiques dulçaquicoles dépendent étroitement des facteurs abiotiques, autrement dit, des paramètres physico-chimiques.

Ces facteurs agissent sur les organismes aquatiques à partir d'un certain seuil lié à l'exigence de chaque espèce. Ces facteurs peuvent être favorables ou nocifs, entraînant une inhibition, un arrêt de croissance ou une extinction totale de l'organisme. Il s'avère donc nécessaire de connaître l'évolution de ces paramètres pour mieux apprécier la qualité de l'eau et de comprendre les composantes biologiques du milieu aquatique.

Les paramètres physico-chimiques fournissent des indications sur la qualité de l'eau, mais ils sont assujettis à des variations provoquées par les activités anthropiques qui modifient les caractéristiques de l'eau.

Les activités industrielles sur notre zone d'étude sont très réduites alors que les activités agricoles qui influencent le volume et la qualité des eaux des étangs sont omniprésentes. Il y a lieu de noter que les variations temporelles de ces paramètres sont étroitement liées aux conditions climatiques qui peuvent renforcer ou contrecarrer les activités humaines.

L'analyse des paramètres physico-chimiques au niveau des quatre sites d'étude est présentée ci-dessous. Les quelques données manquantes correspondent à des dysfonctionnements de conductimètre.

4. 1. 1. La température de l'eau

La figure 37 montre que les valeurs de la température de l'eau d'une manière générale ont été élevées aux niveaux des trois derniers cycles hydrologiques : cycles 3 à 5. Les valeurs de la température de l'eau oscillent entre $14\text{ C}^\circ \pm 7,9$ observée à G. Dakhla au le cycle hydrologique 1 et $25,63\text{ C}^\circ \pm 8,24$ notée pendant le cycle hydrologique 5 au Lac Bleu.

Les tests de corrélation de Spearman montre une corrélation très hautement significatif négatif au mois de février, mars et de mois d'août entre la température des étangs dunaires et l'abondance d'Hémiptères ($r = 1,000$, $p = 0,001 < 0,05$) (Annexe 2, Tableau 22, 23, 24) (Fig. 38).

L'évolution mensuelle de la température de l'eau au niveau des quatre sites pendant les cinq cycles hydrologiques, montre des variations similaires pour l'ensemble des sites. Les températures de l'eau les plus basses $8,5^\circ\text{ C}$ ont été observées au mois de février à La Saulaie au niveau du 1^{er} cycle hydrologique et 9° C à G. Estah au niveau du 2^{ème} cycle hydrologique. Alors que les températures les plus élevées de l'eau ont été enregistrées au mois de juin avec 28° C à G. Estah pendant le cycle 1, 33° C à G. Estah et G. Dakhla durant le mois de juin pour les deux sites au niveau du deuxième cycle hydrologique. Concernant le troisième cycle hydrologique, on observe la valeur $37,5^\circ\text{ C}$ au Lac Bleu durant le mois de juillet (Fig. 39).

Pour le Lac Bleu, nous avons observé la valeur 36° C au mois d'août pendant le cycle hydrologique 4, et la valeur 37° C au mois de juin durant le cycle hydrologique 5. Les relevés mensuels de la température de surface, nous permettent de déterminer quatre saisons hydrologiques, conformément aux valeurs habituelles retrouvées en Méditerranée: l'hiver (décembre-février) avec $T = 8,5 - 23,5^\circ\text{ C}$, le printemps (mars-mai) avec $T = 6 - 29,5^\circ\text{ C}$, l'été chaud (juin-août) avec des valeurs qui varient entre 23° C en juin et un maximum de $37,5^\circ\text{ C}$ en juillet. Selon ces résultats, nous remarquons que la température au niveau des quatre sites diminue pendant les mois d'hiver et augmente durant les mois d'été (Fig. 39).

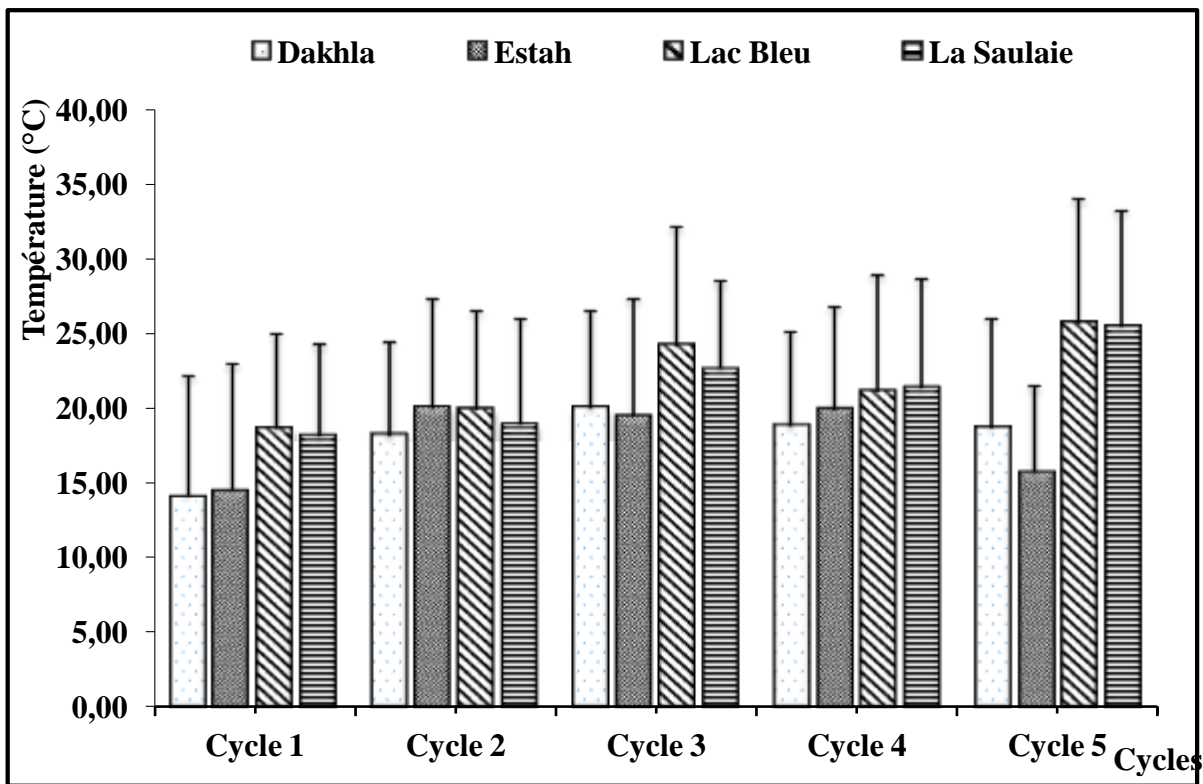


Fig. 37. Variation de la température de l'eau dans les sites d'étude pendant la période d'étude.

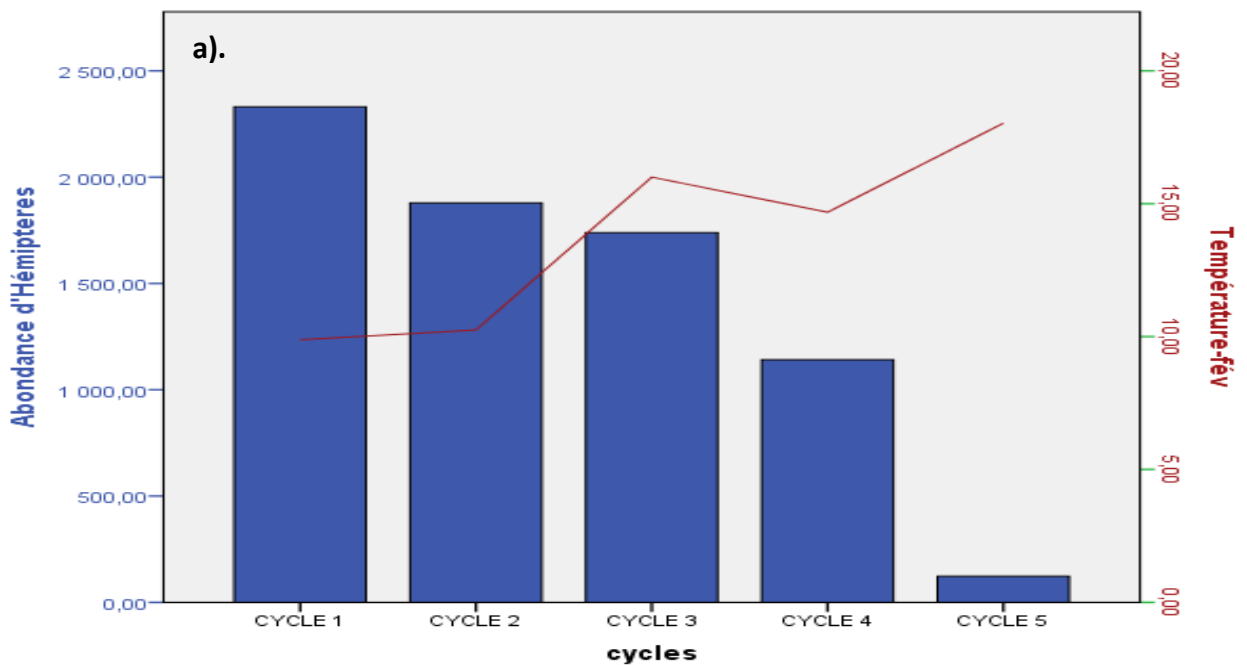


Fig. 38. Corrélation entre la température de l'eau et l'abondance des Hémiptères récoltés (a : au mois de février, b : au mois de mars, c : au mois d' aout).

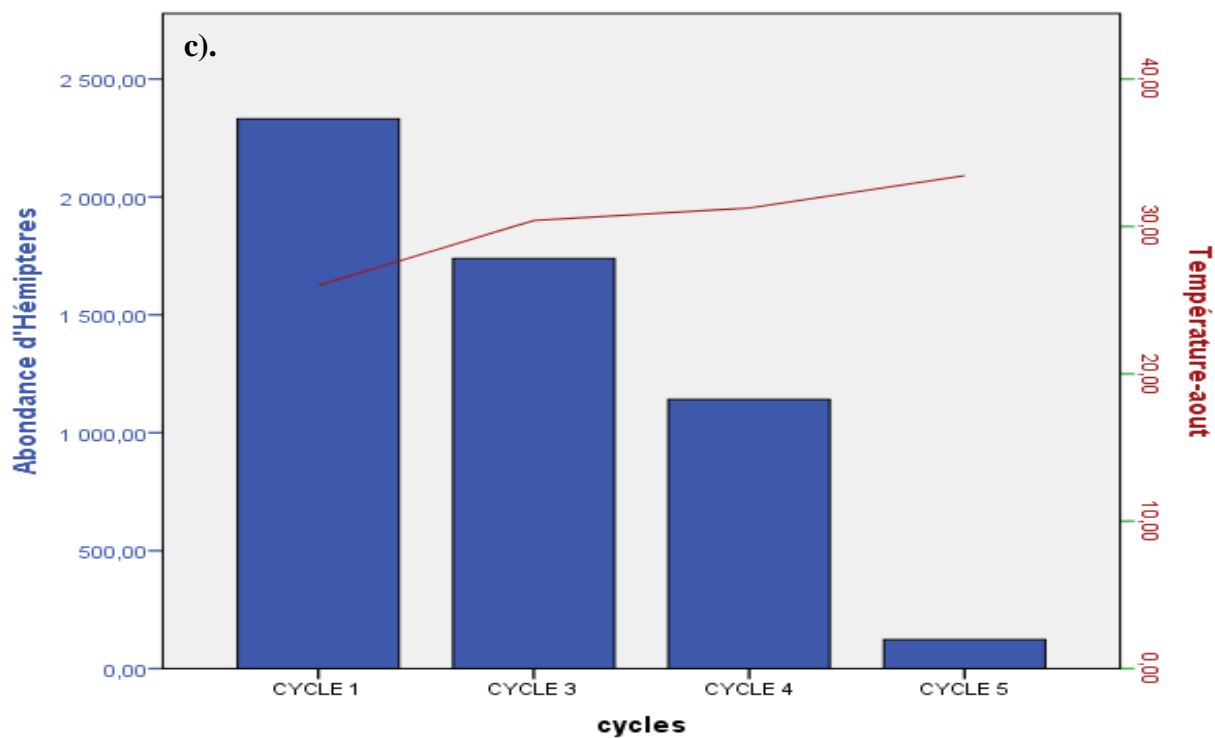
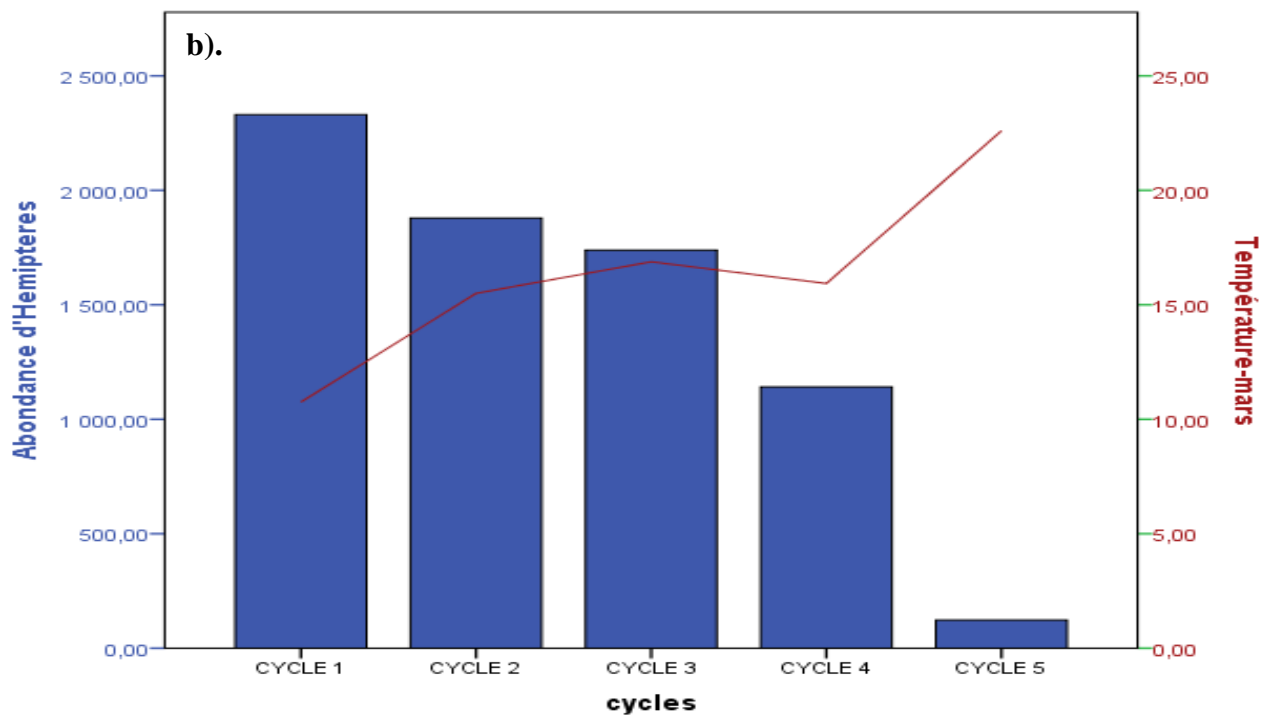


Fig. 38. Corrélation entre la température de l'eau et l'abondance des Hémiptères récoltés (a : au mois de février, b : au mois de mars, c : au mois d'août).

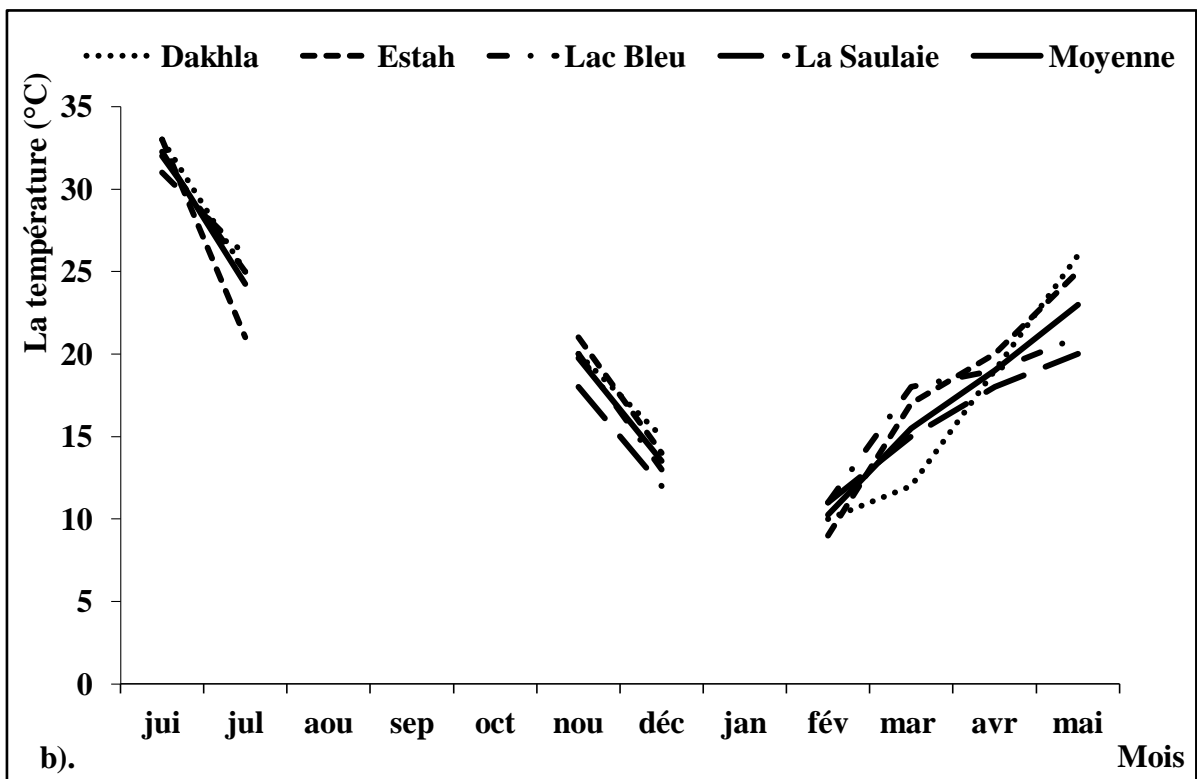
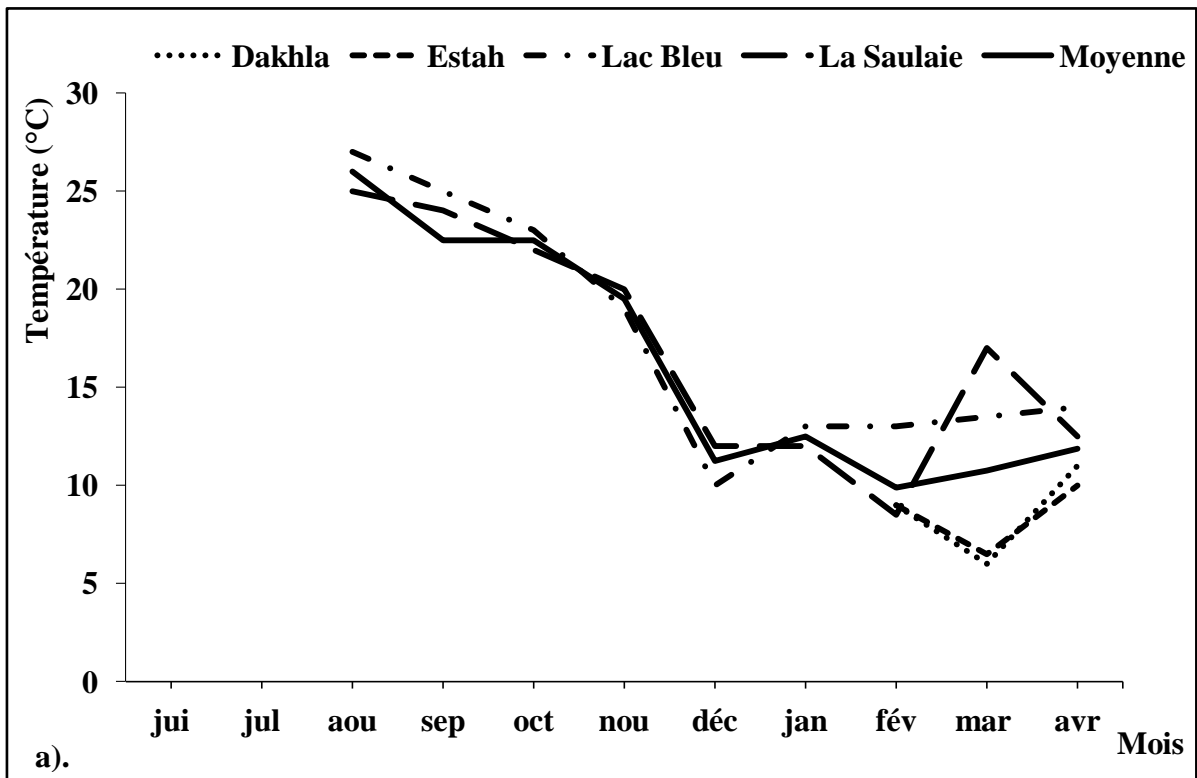


Fig. 39. Evolution mensuelle de la température de l'eau pendant la période d'étude (a : cycle hydrologique 1, b : cycle hydrologique 2).

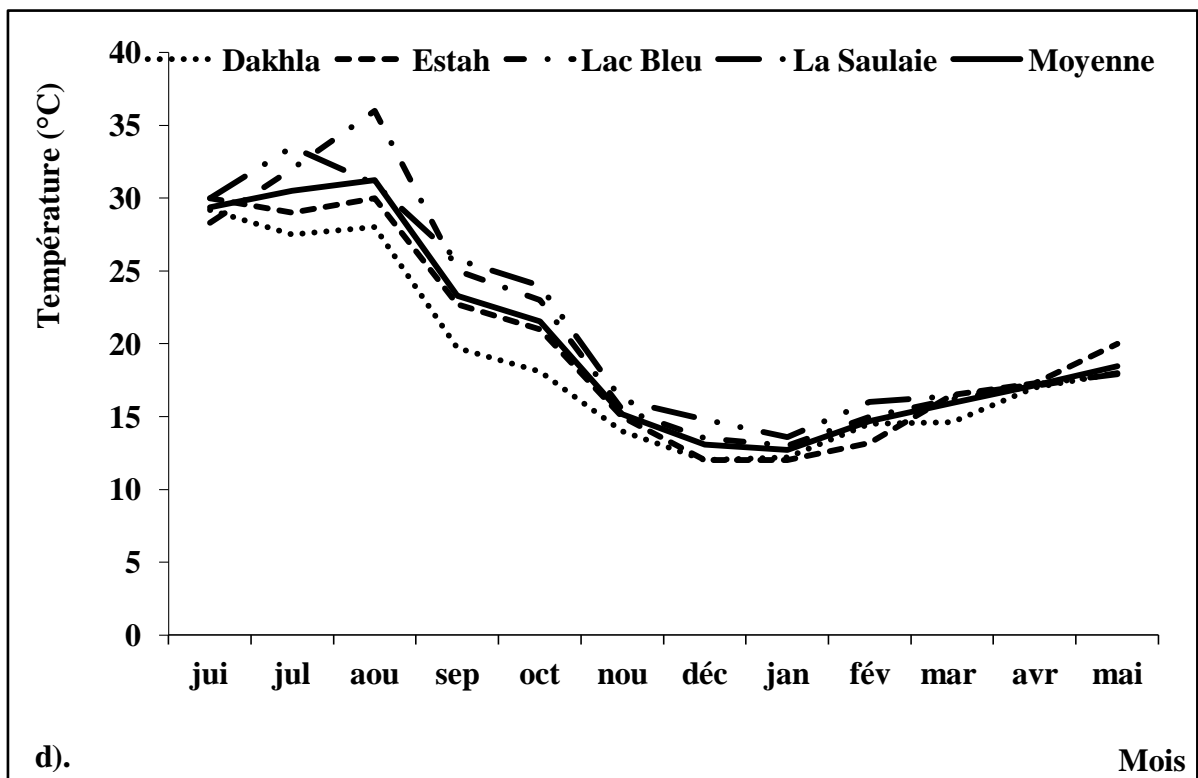
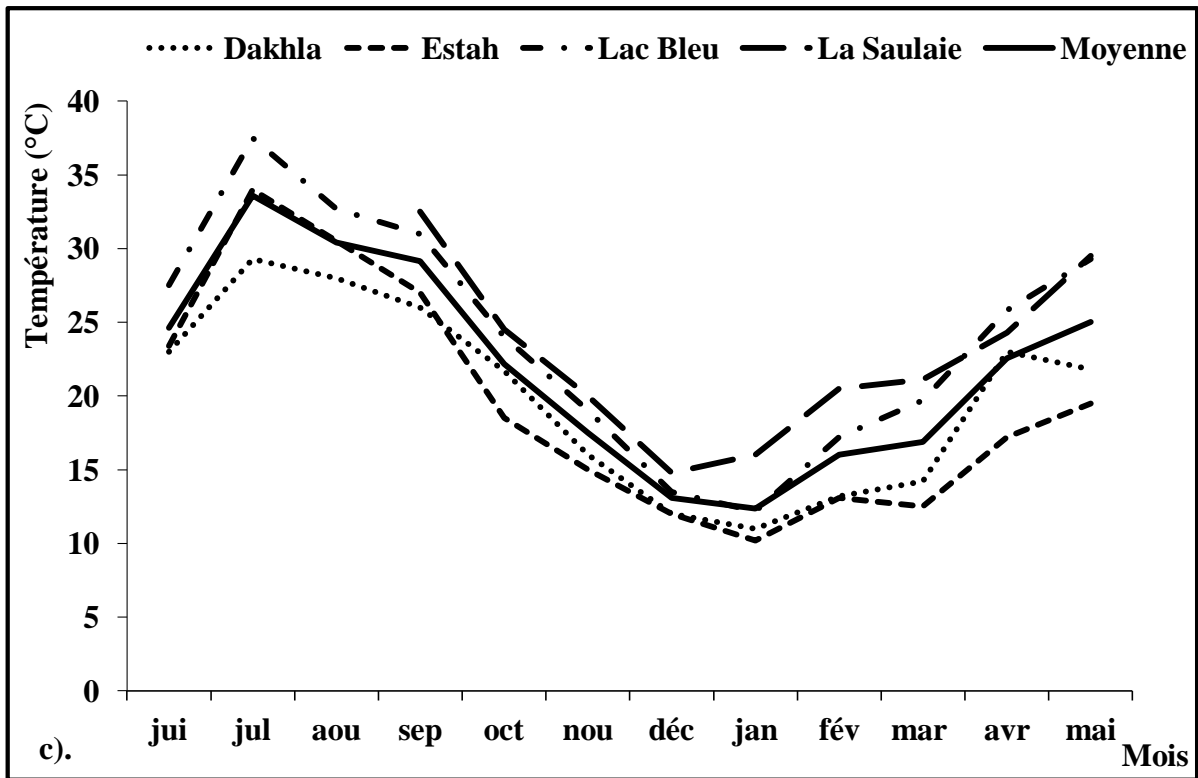


Fig. 39. Evolution mensuelle de la température de l'eau dans les sites pendant la période d'étude (c : cycle hydrologique 3, d : cycle hydrologique 4).

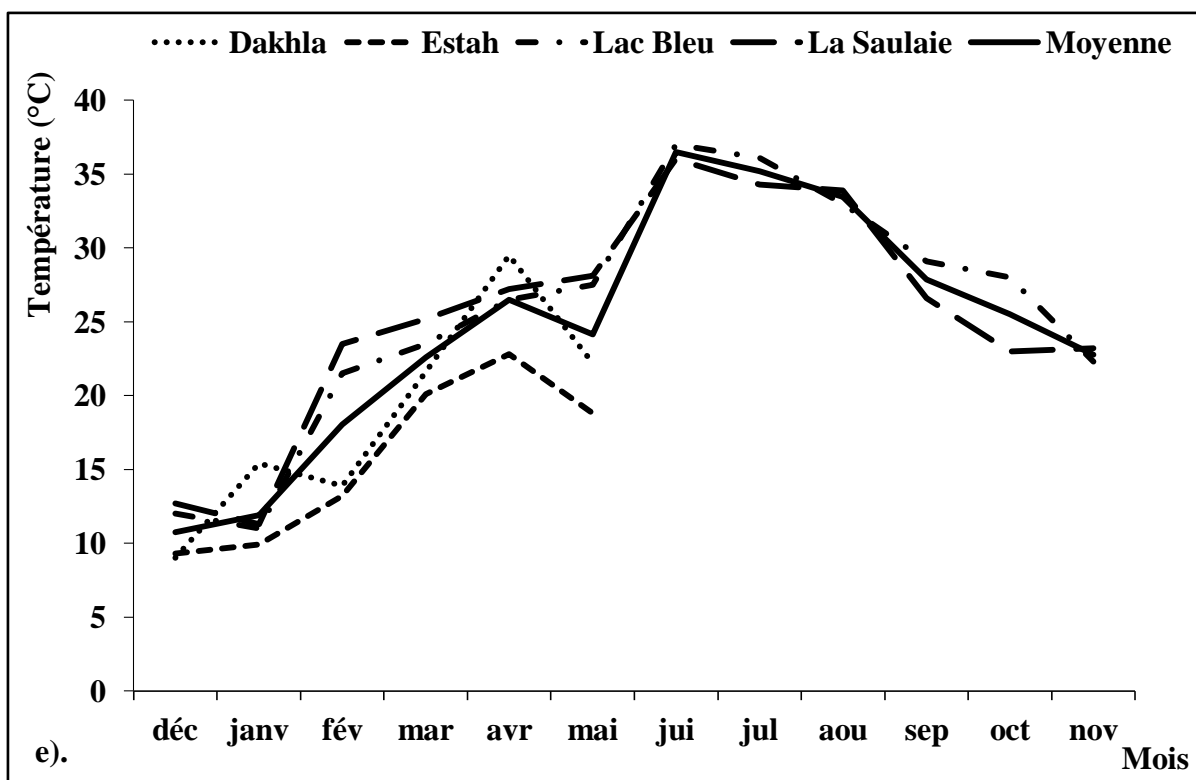


Fig. 39. Evolution mensuelle de la température de l'eau pendant la période d'étude (e : cycle hydrologique 5).

4. 1. 2. La conductivité

Le graphe de la variation de la conductivité des sites étudiés pendant la période d'étude (juin 1996–novembre 2013) est présenté dans la figure 40. Ces résultats montrent que: les valeurs varient entre 22 $\mu\text{s}/\text{cm}$ enregistrées à la Saulaie au mois de juillet durant le cycle hydrologique 4 et 1060 $\mu\text{s}/\text{cm}$ observées au mois de novembre durant le cycle hydrologique 2 à G. Dakhla.

G. Dakhla exprime les valeurs les plus élevées durant les cycles hydrologiques 3, 4 et 5 et la Saulaie pendant le deuxième cycle hydrologique. Par contre, les valeurs les plus faibles sont marquées au Lac Bleu au deuxième et troisième cycle hydrologiques et la Saulaie pendant le quatrième et le cinquième cycle hydrologique.

Les courbes de l'évolution mensuelle de la conductivité au niveau des sites échantillonnés pour la période d'étude montrent que, dans le Lac Bleu et la Saulaie la conductivité était presque stable (Fig. 41 b, c, d). Quant aux G. Estah et G. Dakhla, ils présentent des fluctuations similaires ; la conductivité augmentent pendant les mois d'été (juillet, août, septembre) et diminue durant les autres mois des trois cycles hydrologiques.

En outre, pendant le cinquième cycle hydrologique, nous avons enregistré une baisse de la conductivité de manière générale, la valeur la plus élevée (701 $\mu\text{s}/\text{cm}$) au mois de juin au Lac Bleu et la valeur la plus faible noté à la Saulaie pendant le quatrième cycle hydrologique (22 $\mu\text{s}/\text{cm}$) (Fig. 41 e).

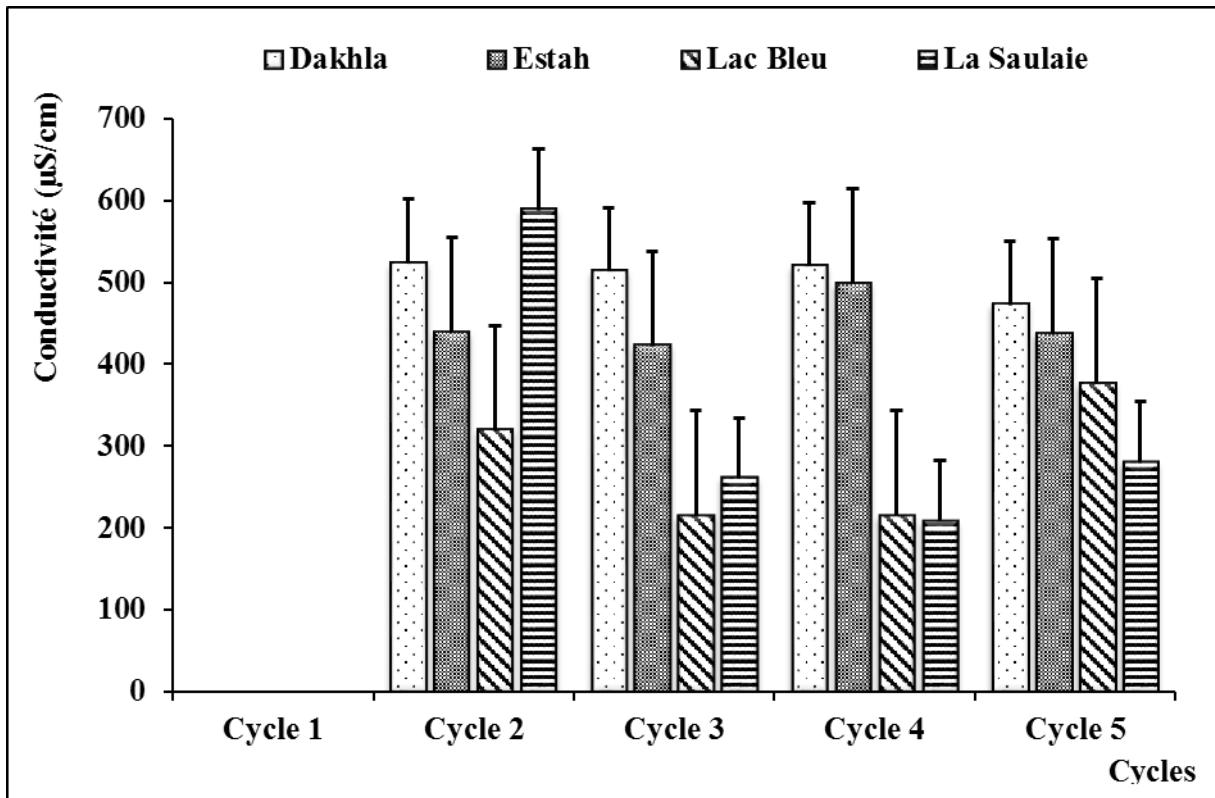


Fig. 40. Variation de la conductivité des sites étudiés pendant les 5 cycles hydrologiques.

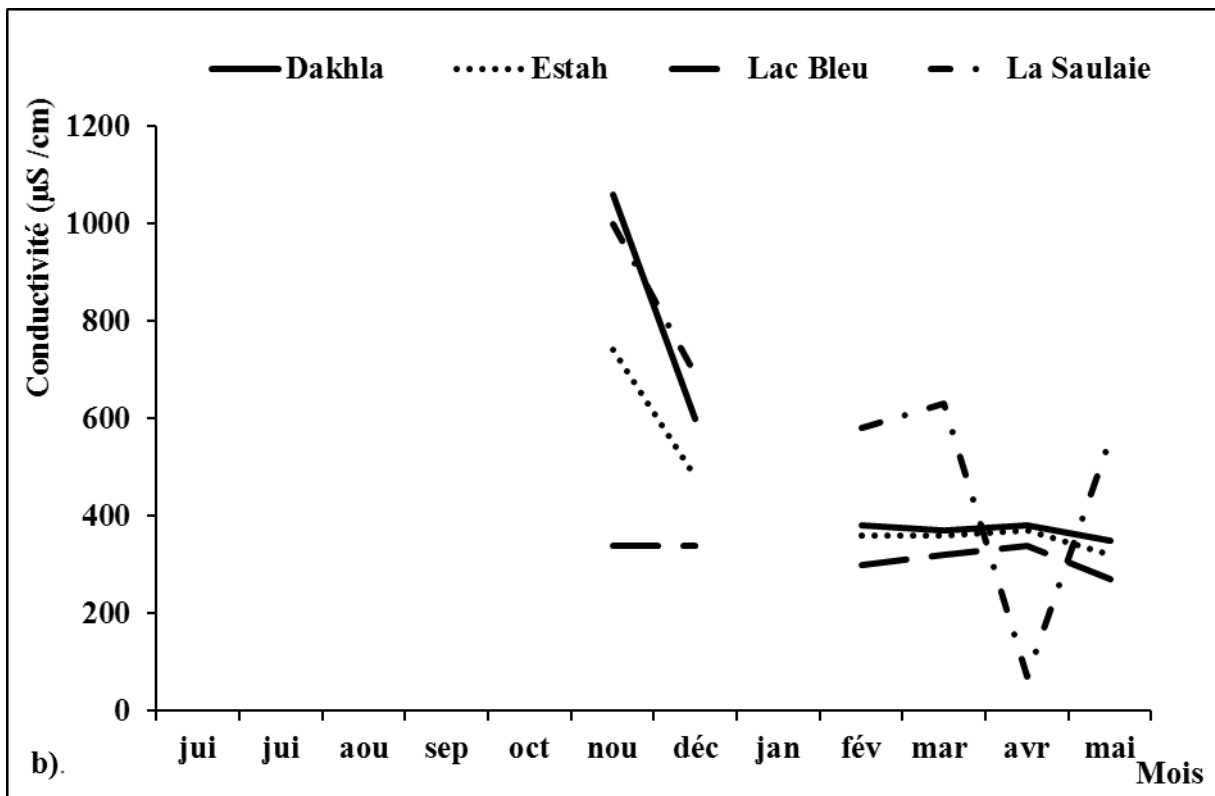


Fig. 41. Variation mensuelle de la conductivité des sites étudiés pendant les 5 cycles hydrologiques (b : cycle 2).

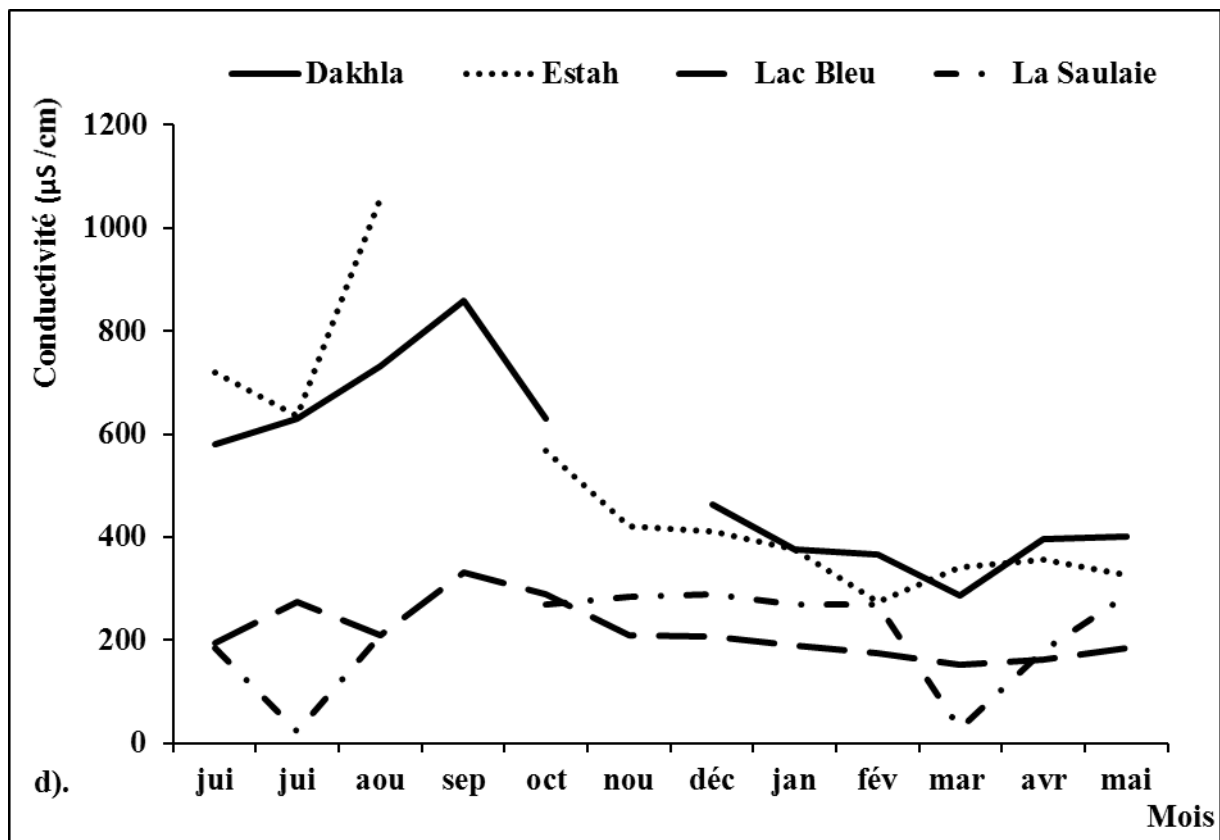
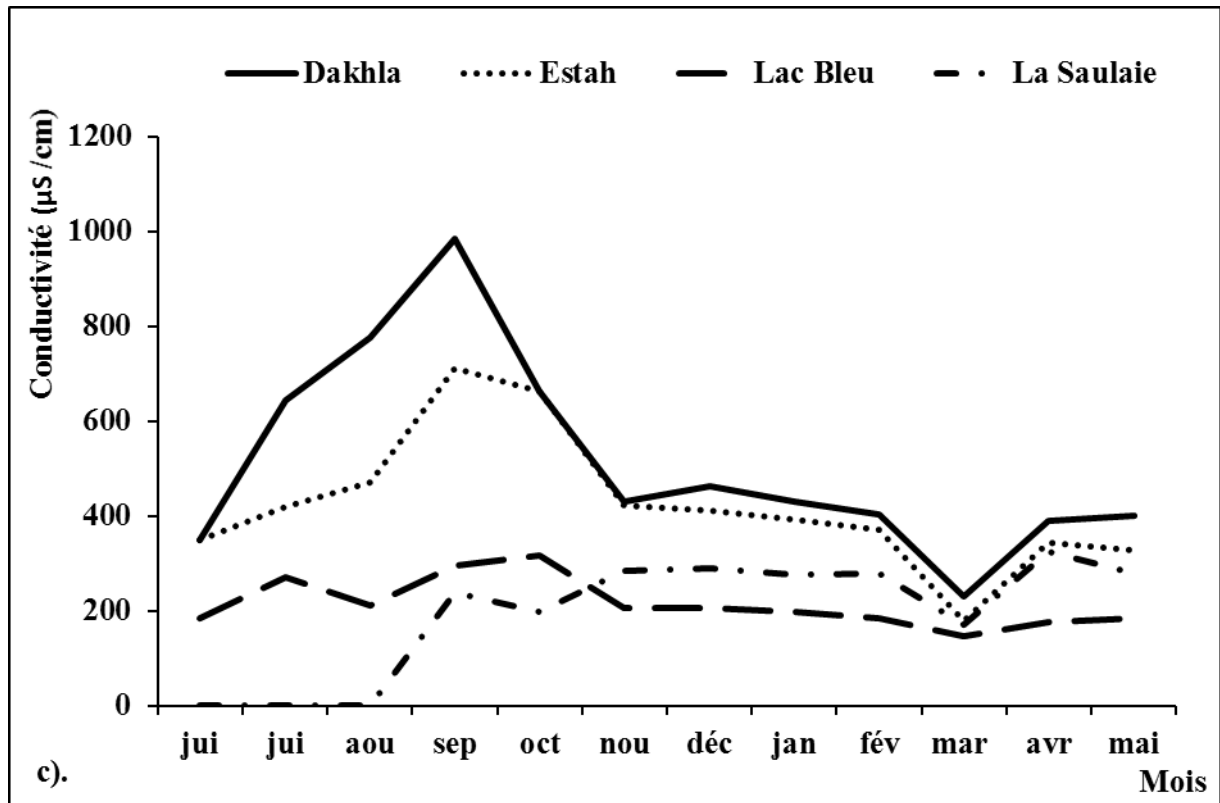


Fig. 41. Variation mensuelle de la conductivité des sites étudiés pendant 5 cycles hydrologiques (c : cycle 3, d: cycle 4).

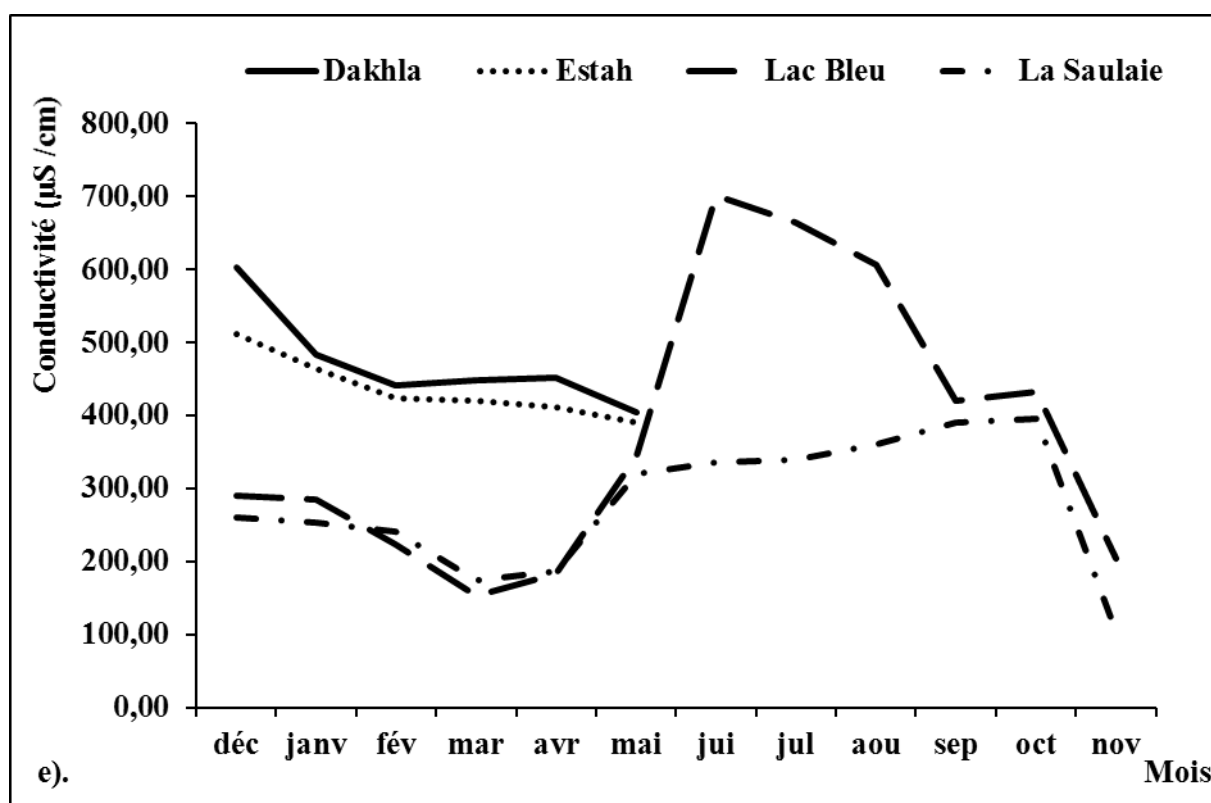


Fig. 41. Variation mensuelle de la conductivité des sites étudiés pendant 5 cycles hydrologiques (e : cycle 5).

4. 1. 3. La profondeur de l'eau

La profondeur des sites étudiés montre un changement saisonnier marqué de l'eau mais les fluctuations sont similaires d'une année à l'autre. En été l'assèchement peut être complet, c'est le cas de la Saoulaie qui a été à sec en juin, juillet et août 2010 et septembre 2011 pendant le cycle 3 (Fig. 42). Nous avons également noté l'assèchement complet de G. Dakhla et G. Estah durant les mois de juin-novembre pendant le cycle hydrologique 5. Il est à noter que nous n'avons pas pu relever les valeurs de la profondeur pendant les deux cycles hydrologiques 1 et 2.

G. Dakhla est le site le plus profond tout au long de la période d'étude suivi par G. Estah puis le Lac Bleu et enfin, la Saoulaie est le site le plus faible en profondeur (la profondeur est mesurée pour des stations de prélèvement de 50 m dans chaque site d'étude) (Fig. 43).

Les valeurs maximales sont enregistrées en hiver et les valeurs minimales pendant les mois d'été. Ceci coïncide avec les activités d'irrigations des champs cultivés, ce qui a provoqué l'assèchement complet de G. Dakhla et G. Estah durant le cycle 5 pendant 6 mois (mai- novembre).

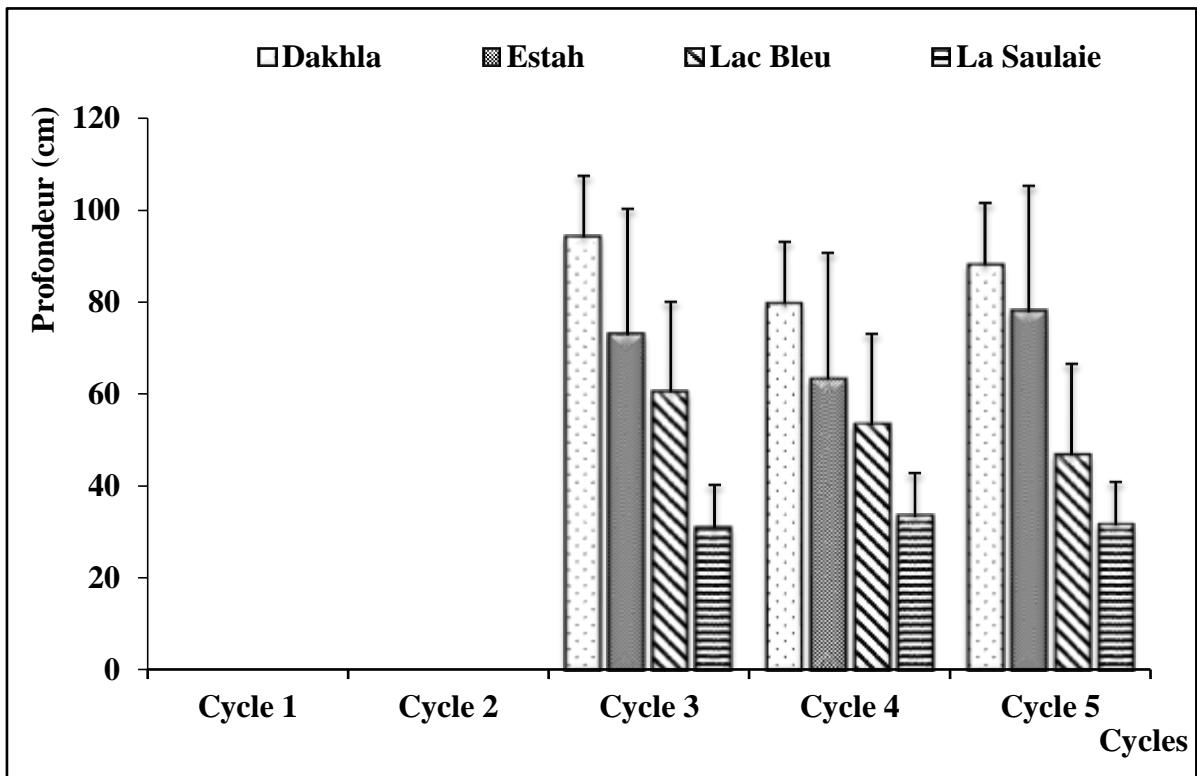


Fig. 42. Variation de la profondeur des sites étudiés pendant les trois derniers cycles hydrologiques.

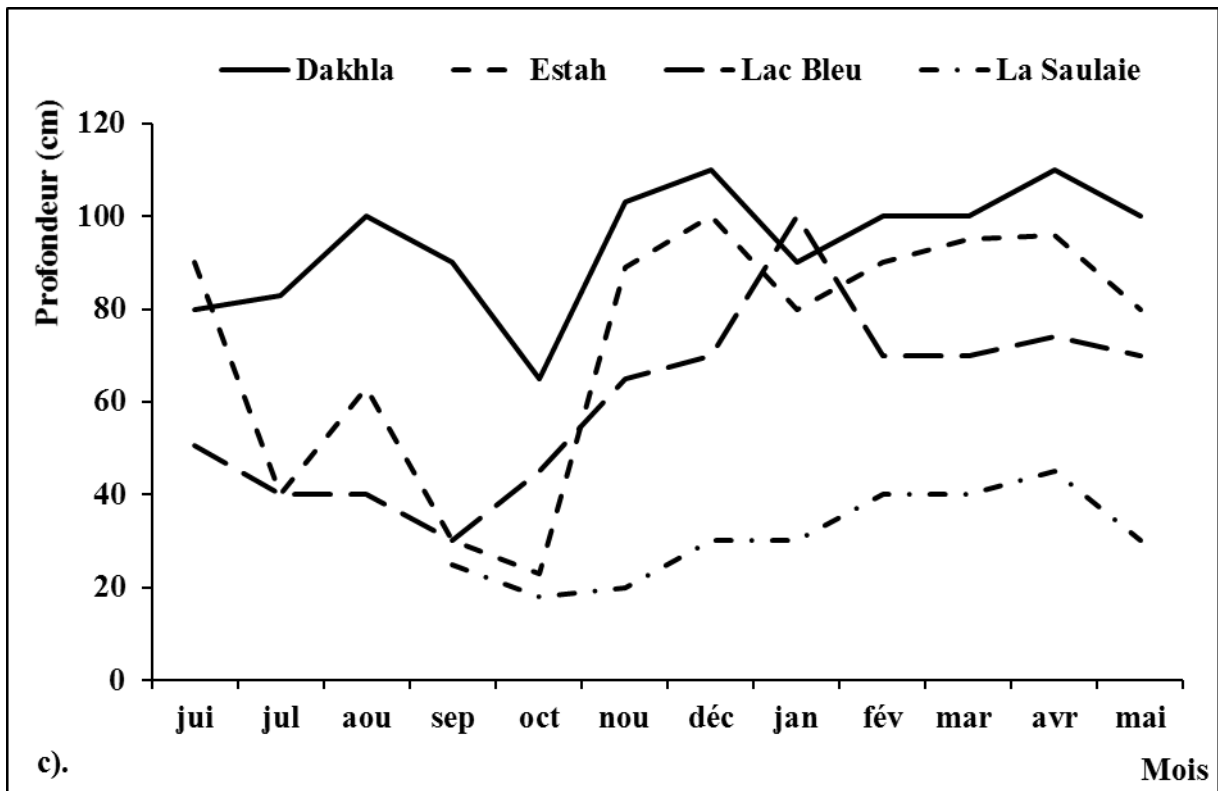


Fig. 43. Variation de la profondeur des sites étudiés pendant 3 cycles hydrologiques (c : cycle hydrologique 3).

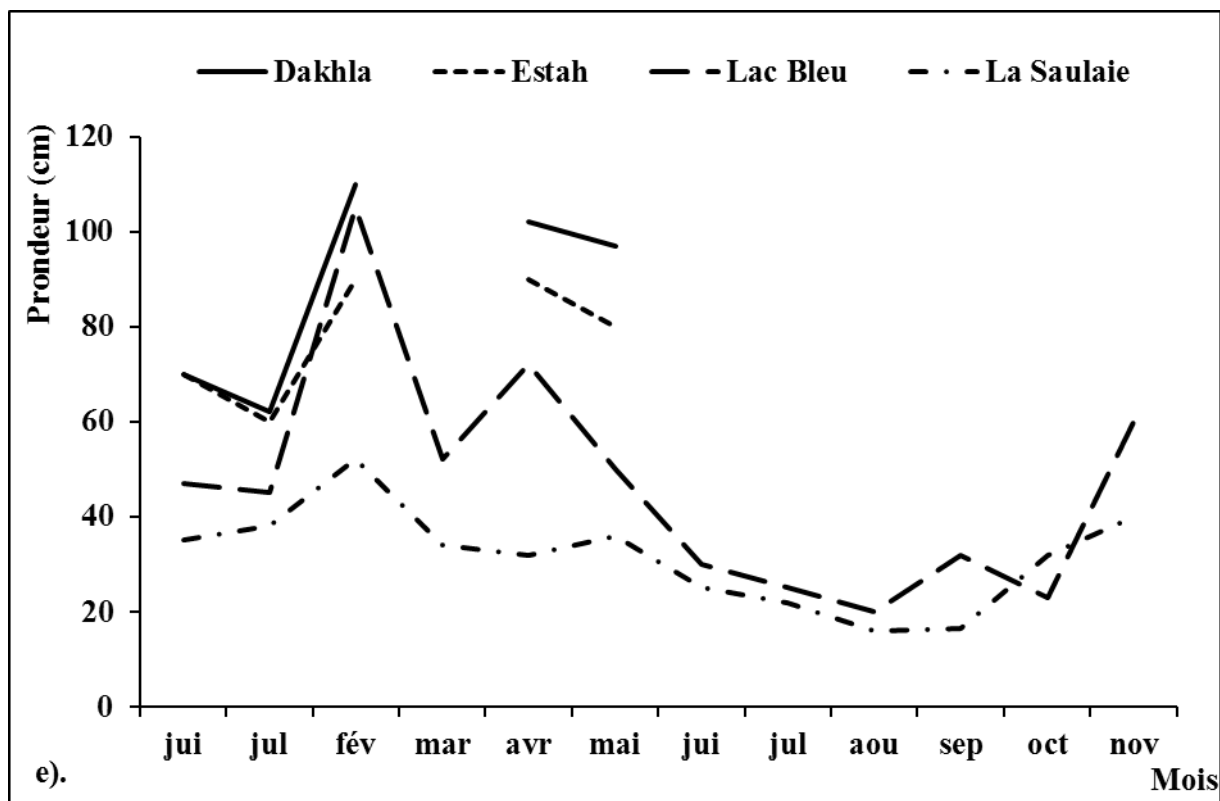
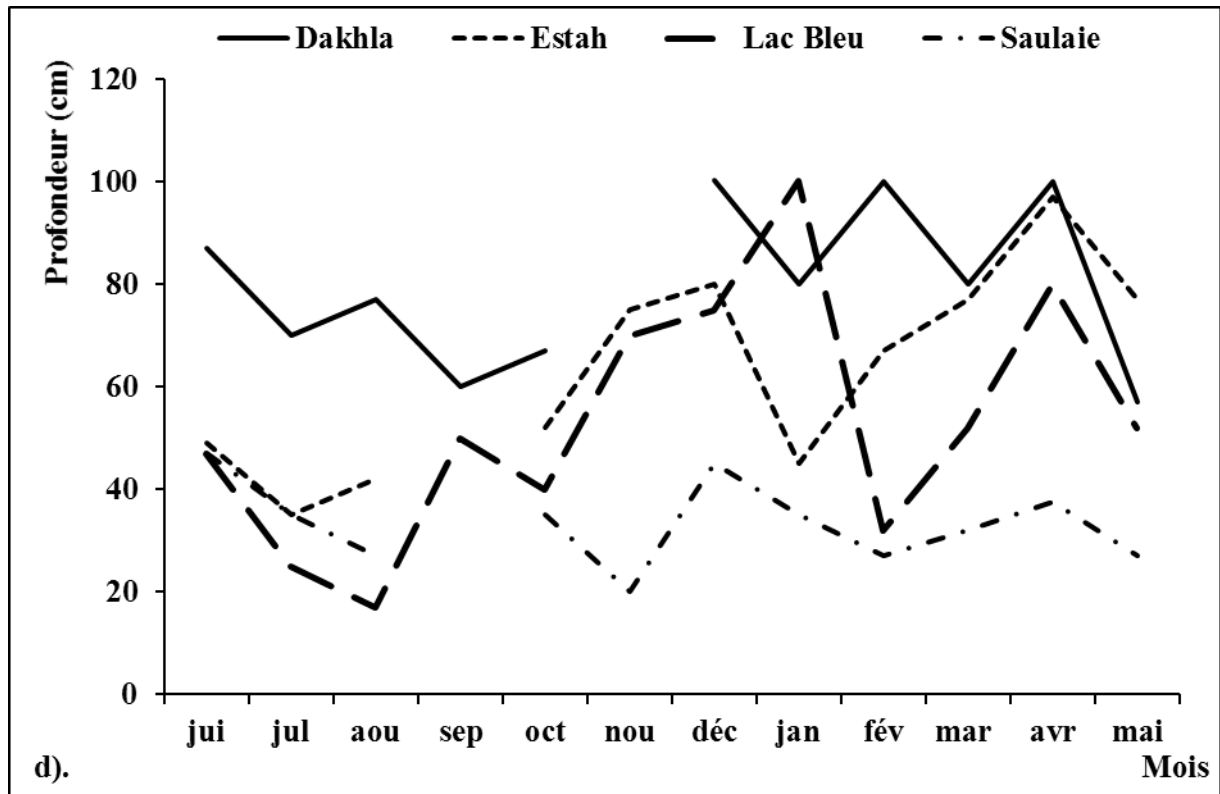


Fig. 43. Variation de la profondeur des sites étudiés pendant 3 cycles hydrologiques (d : cycle hydrologique 4, e : cycle hydrologique 5).

4. 2. Analyse de l'influence de variables abiotiques sur la distribution des Hémiptères par l'ACP.

Une Analyse en Composante Principale (ACP) a été réalisée en utilisant 18 espèces, quatre stations et trois paramètres physicochimiques.

La figure 44 a et b présente les résultats de l'ACP réalisée sur la matrice des 4 stations x 18 taxons. Les deux premiers axes cumulent 50,59% de l'inertie totale dans la matrice des données (F1: 23,53%, F2: 17,06%). La première composante (23,53% de l'inertie) montre qu'il existe une corrélation positive entre la conductivité et la profondeur et les espèces: *Corixa affinis*, *Corixa panzeri*, *Hesperocorixa moesta*, *Notonecta obliqua* et *Notonecta glauca*, ainsi qu'une corrélation négative entre l'effet de la température avec la profondeur et la conductivité.

Les tableaux 7 et 8 rassemblent les coefficients de transformation des 18 espèces avec les deux premières composantes, et les coordonnées des observations après rotation Varimax.

Tableau 7. Coefficients de transformation après rotation Varimax:

Espèce	Code	D1	D2
<i>Notonecta obliqua</i>	Nob	0,1488	0,0565
<i>Notonecta glauca</i>	Ngl	0,1723	0,1151
<i>Notonecta viridis</i>	Nvi	0,1589	-0,0179
<i>Anisops sardea</i>	Asa	0,1968	-0,0226
<i>Naucoris maculatus</i>	Nma	0,0637	-0,0533
<i>Plea minutissima</i>	Pmi	0,1719	0,0182
<i>Gerris thoracicus</i>	Gth	0,1353	-0,0123
<i>Mesovelia vittigera</i>	Mvi	0,1172	-0,1426
<i>Ranatra linearis</i>	Rli	-0,0332	0,0224
<i>Nepa cinerea</i>	Nci	-0,0819	-0,0863
<i>Corixa affinis</i>	Caf	0,0497	0,2032
<i>Corixa panzeri</i>	Cap	0,0087	0,1981
<i>Corixa punctata</i>	Cpu	-0,0140	0,2135
<i>Hesperocorixa linnaie</i>	Hli	-0,0005	0,2451
<i>Hesperocorixa moesta</i>	Hmo	0,1049	0,1243
<i>Hesperocorixa furtiva</i>	Hfu	0,0026	0,2569
<i>Sigara sp.</i>	Ssp	0,1646	-0,0522
<i>Hydrocyrius columbiae</i>	Hco	0,0816	-0,0861

Tableau 8. Coordonnées des observations après rotation Varimax:

Sites	D1	D2
G. Dakhla_5	-0,5668	-0,5509
G. Estah_5	-0,8305	-0,4593
Lac Bleu_5	-1,1166	-0,7215
La Saulaie	-0,9017	-0,5411
G. Dakhla_4	-0,1659	0,4964
G. Estah_4	0,1461	0,7141
Lac Bleu_4	-0,4462	0,6852
La Saulaie_4	-0,7183	0,3244
G. Dakhla_3	-0,4454	2,8695
G. Estah_3	-0,1242	0,3335
Lac Bleu_3	-0,8606	-0,7702
La Saulaie_3	-0,5006	-0,4874
G. Dakhla_2	2,9500	-0,3780
G. Estah_2	0,9809	-0,5626
Lac Bleu_2	-0,5711	-0,8174
La Saulaie_2	1,5353	-1,6141
G. Dakhla_1	1,0451	0,0458
G. Estah_1	-0,2787	-0,2436
Lac Bleu_1	-0,2947	-0,3788
La Saulaie_1	1,1641	2,0560

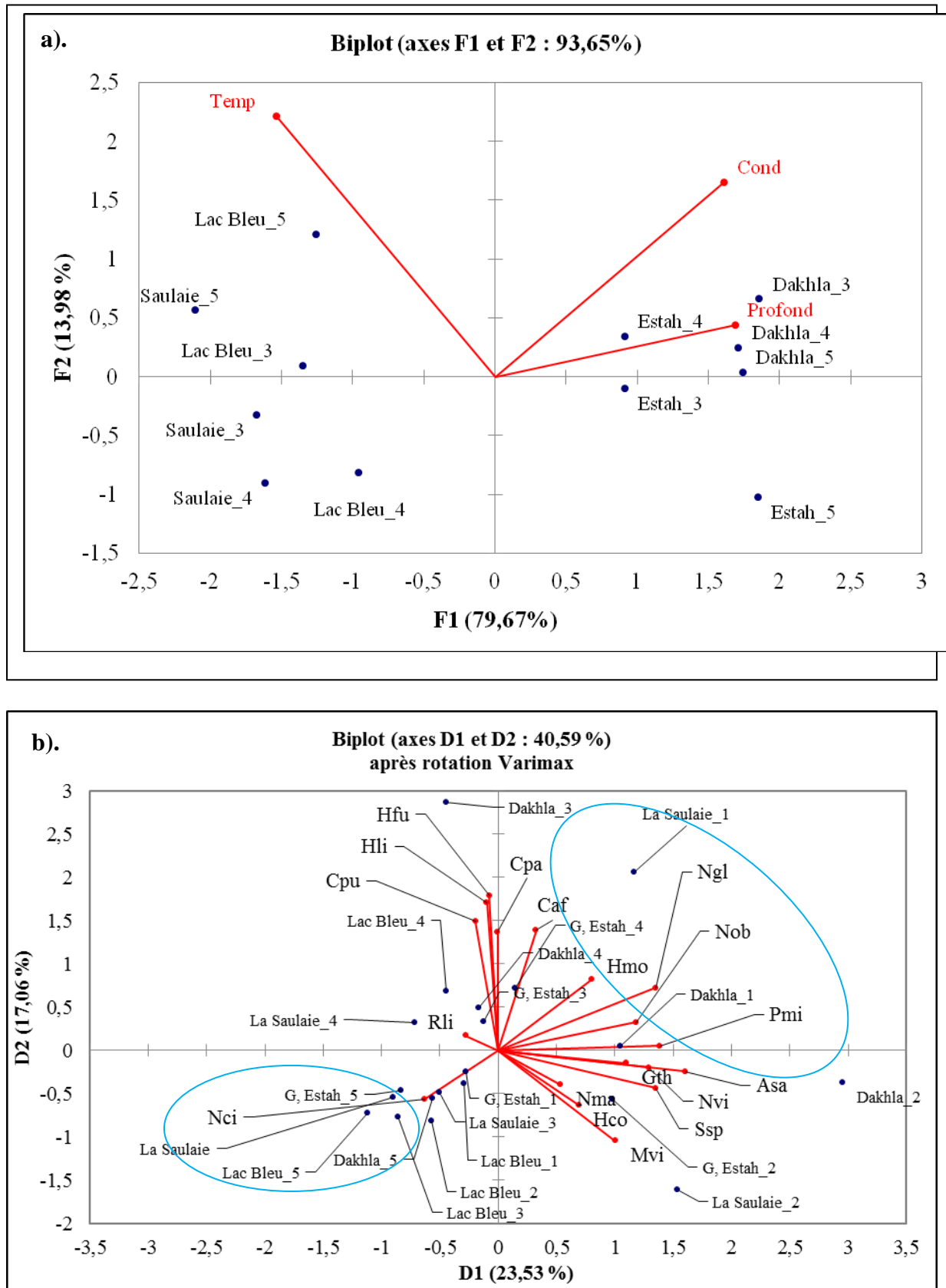


Fig. 44. Analyse en composante principale (ACP) sur quatre sites et 18 espèces d'Hémiptères (a : Analyse entre et les paramètres physicochimique et les sites, b : Analyse entre les sites et les espèces).

4. 3. Influence de *Gambusia holbrooki* sur les Hémiptères

La figure 45 présente l'évolution de l'abondance des Hémiptères et de *Gambusia holbrooki* en fonction des mois. L'abondance de ce poisson est élevée pendant les mois d'été, elle atteint le maximum au mois d'août. Cette abondance explique la diminution des Hémiptères au cours de ce mois. Par contre, pendant les mois de décembre à mai, l'abondance de *Gambusia holbrooki* est faible contrairement aux Hémiptères.

Le premier enregistrement de la présence de *Gambusia holbrooki*, à Dakhla a été effectué au cours du troisième cycle hydrologique. Cette espèce invasive a pu atteindre Dakhla entre 2000 et 2006, lorsque les habitants ont creusé une tranchée reliant ce dernier site à G. Estah. En outre, au cours du dernier cycle hydrologique, *Gambusia* a réussi à envahir le Lac Bleu et la Saulaie, mais la façon dont cela a été réalisé n'est pas claire (Fig. 46).

L'effet de ce poisson sur les espèces d'Hémiptères est bien illustré à la Saulaie pendant le cinquième cycle. Cependant, nous avons également observé la diminution progressive des Hémiptères au fil du temps malgré l'effectif faible de *Gambusia holbrooki* pendant les quatre premiers cycles hydrologiques; cela est dû probablement à l'effet d'autres facteurs comme la température, la conductivité et l'hydropériode (Fig. 46 a, b, c, d, e).

L'impact des *Gambusia holbrooki* sur les Hémiptères aquatiques semble inégal, variant selon les taxons (Fig. 47). L'abondance de Notonectidés a considérablement diminué en présence de *Gambusia holbrooki* (Fig. 47 a), tandis que les Corixidés ne semblaient pas être touchés de manière significative (Fig. 47 b). Toutefois, chez les Corixidae, certains taxons, tels que *Hesperocorixa moesta* (Fig. 47 c) et *Corixa affinis*, ont été réduits de manière significative lorsqu'ils sont associés à *Gambusia holbrooki*.

Selon les analyses statistiques de Pearson, une corrélation significative négative a été notée entre l'abondance de *Corixa affinis* et l'abondance de *Gambusia* ($r = -1$; $p = 0,01$) (Annexe, Tableau 11) (Fig. 47 d).

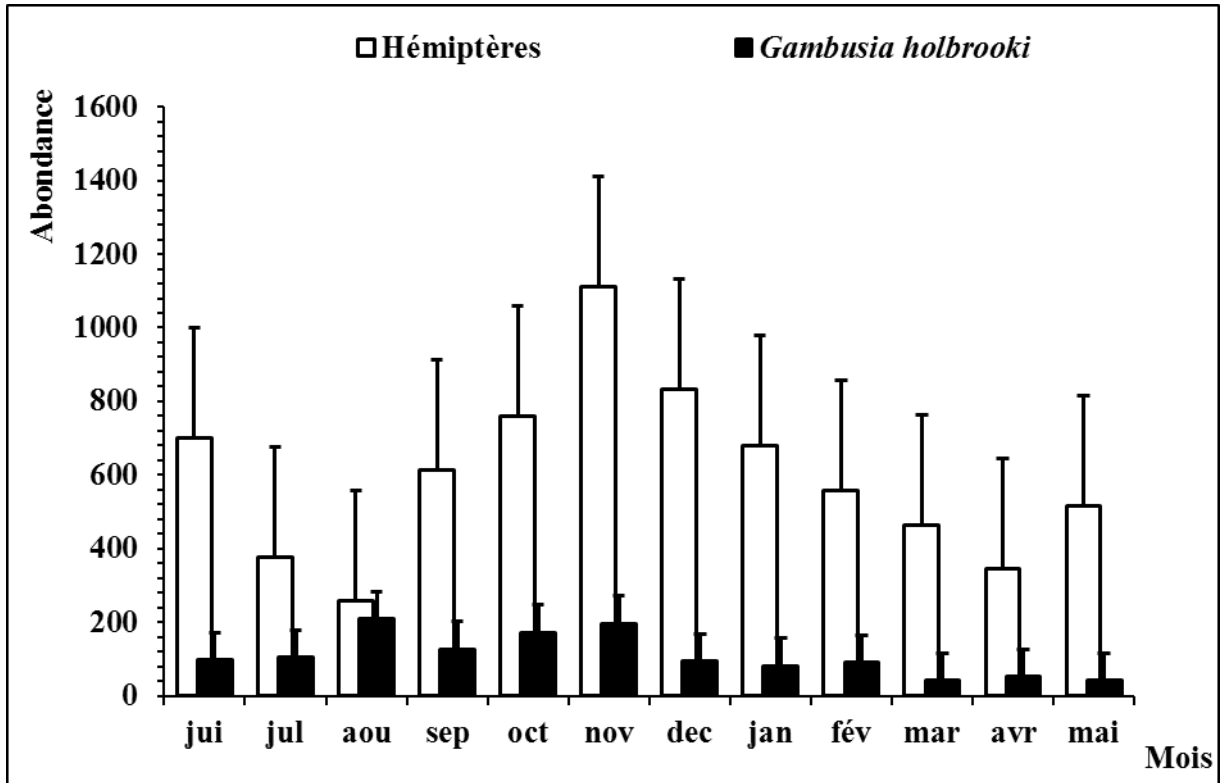


Fig. 45. Evolution temporelle de l'abondance de *Gambusia holbrooki* et des Hémiptères.

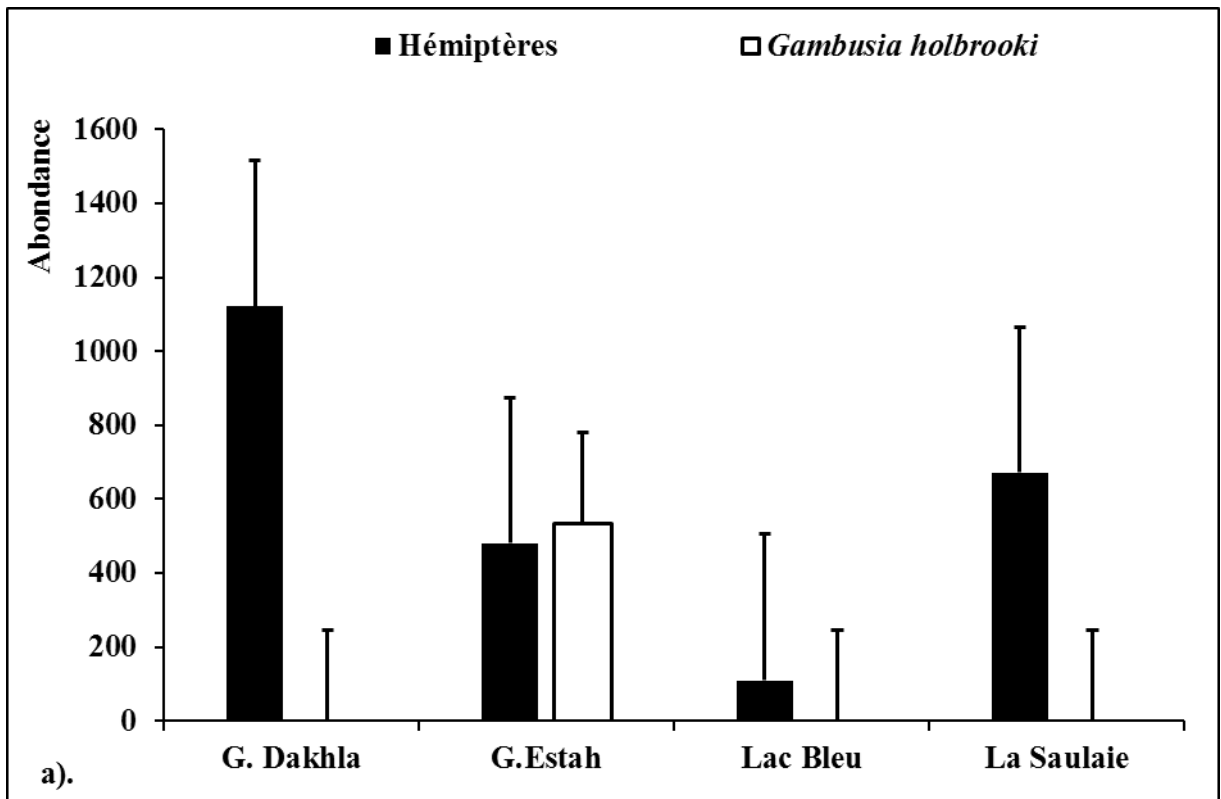


Fig. 46. Evolution spatiale de l'abondance de *Gambusia holbrooki* et des Hémiptères (a : cycle 1).

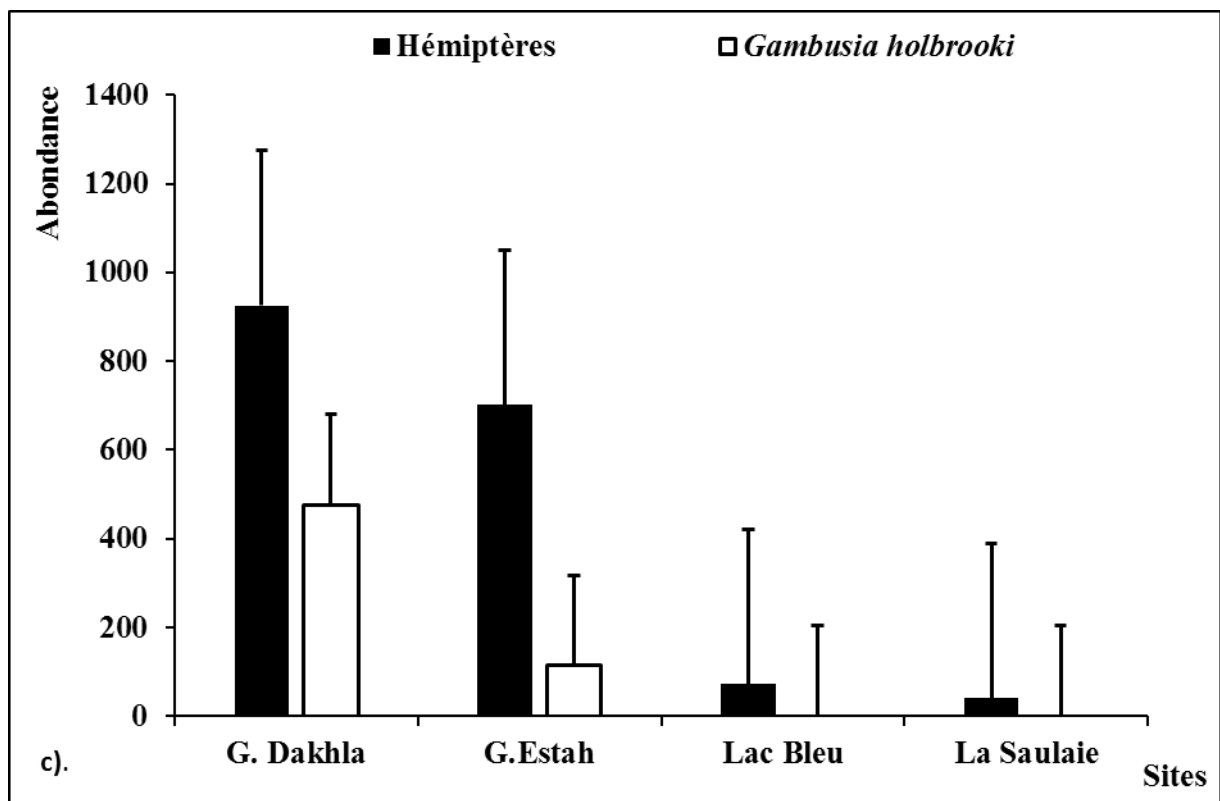
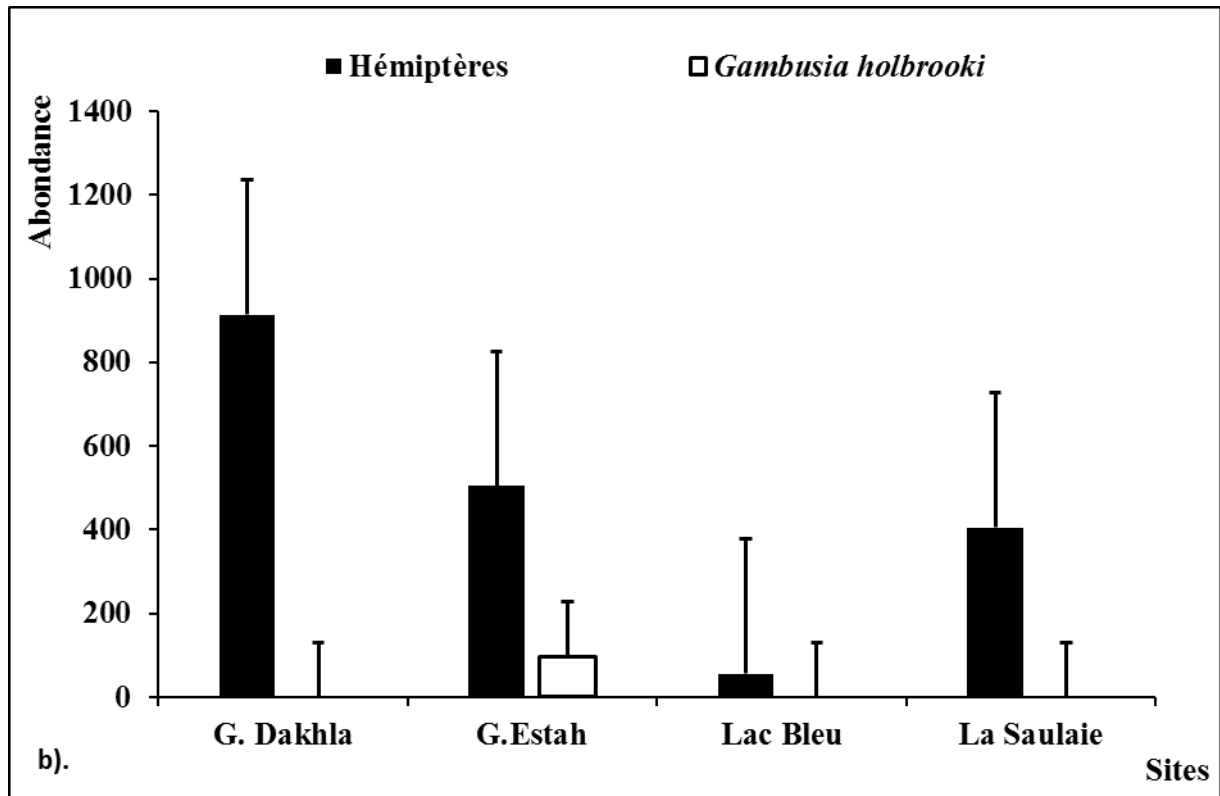


Fig. 46. Evolution spatiale de l'abondance de *Gambusia holbrooki* et des Hémiptères (b : cycle 2, c : cycle 3).

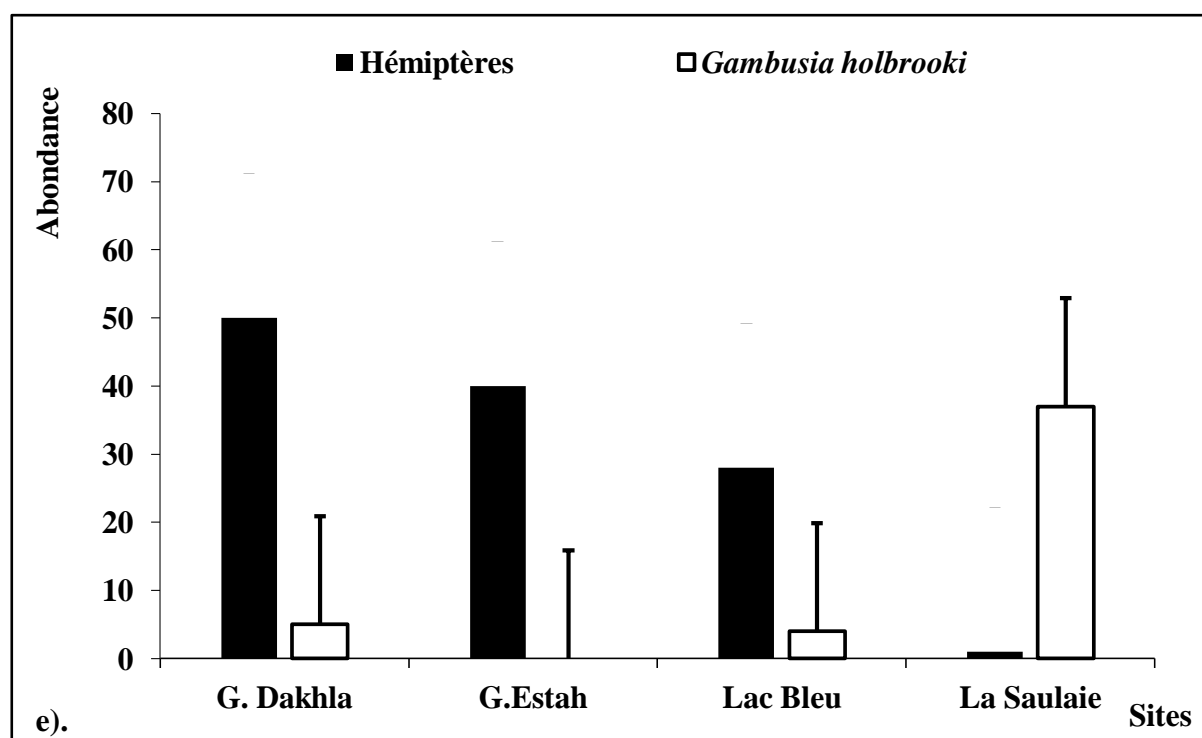
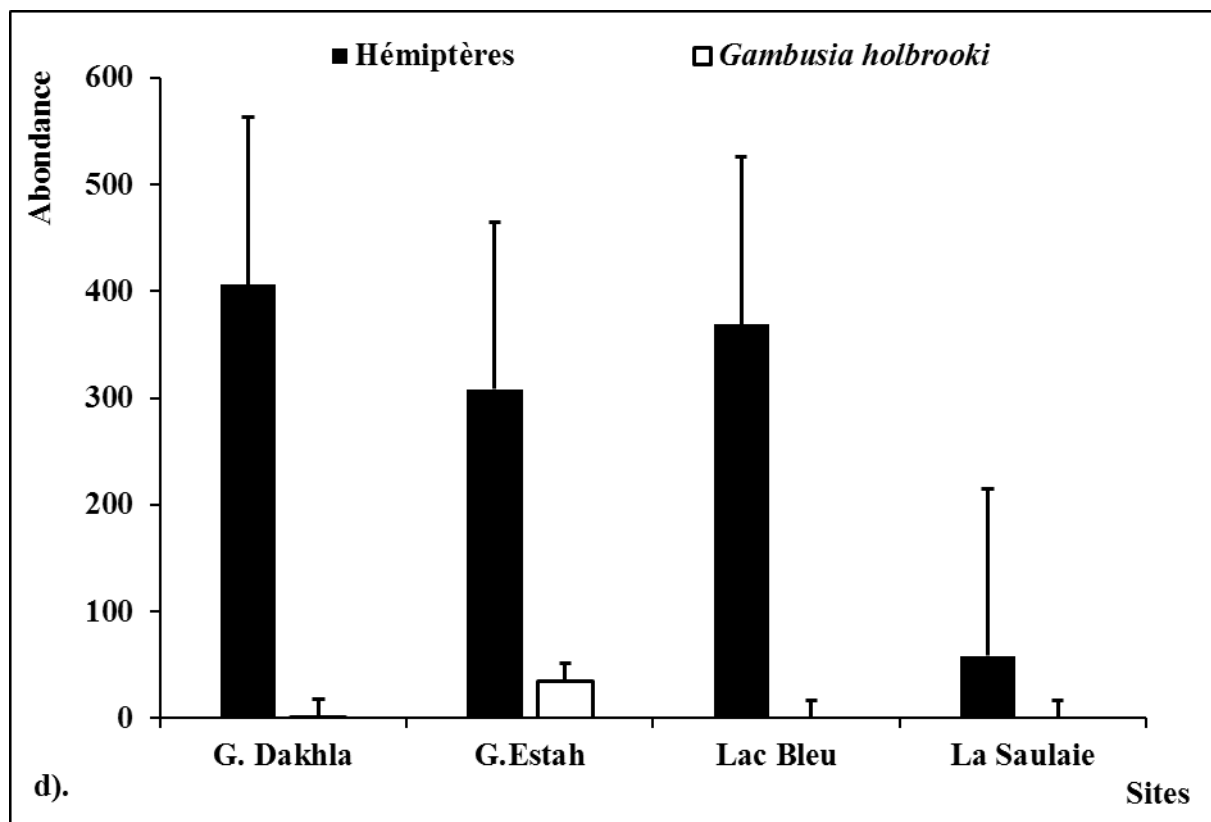


Fig. 46. Evolution spatiale de l'abondance de *Gambusia holbrooki* et Des Hémiptères (d : cycle 4, e : cycle 5).

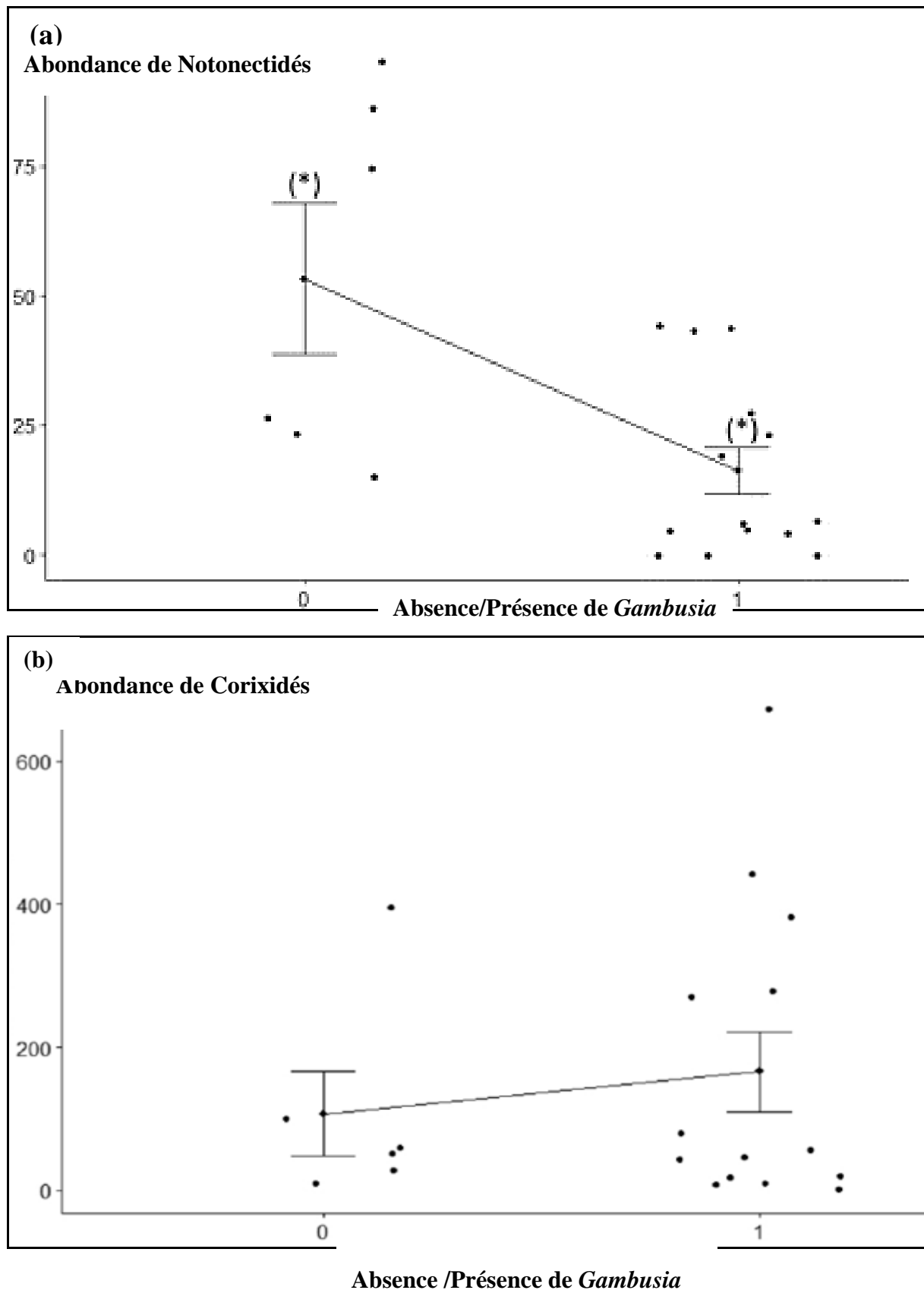


Fig. 47. Impacte de *Gambusia* sur quelques espèces d'Hémiptères (a : Notonectidés, b : Corixidés).

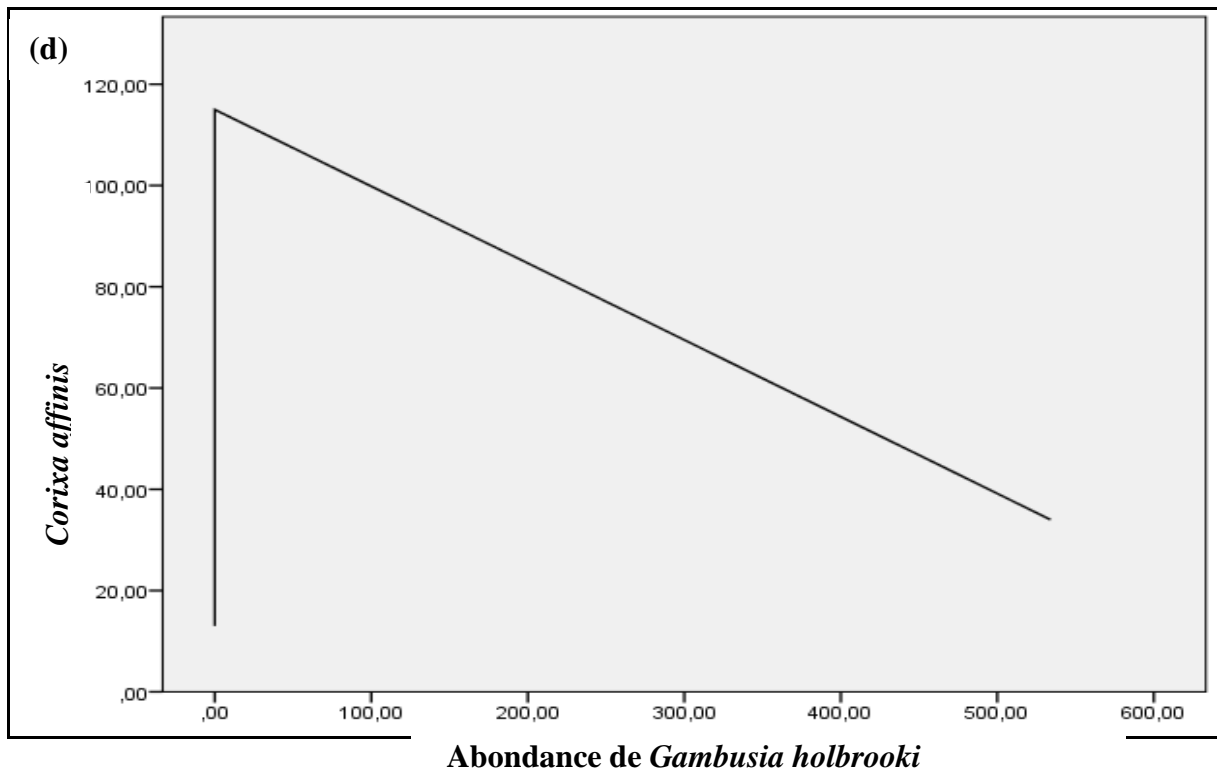
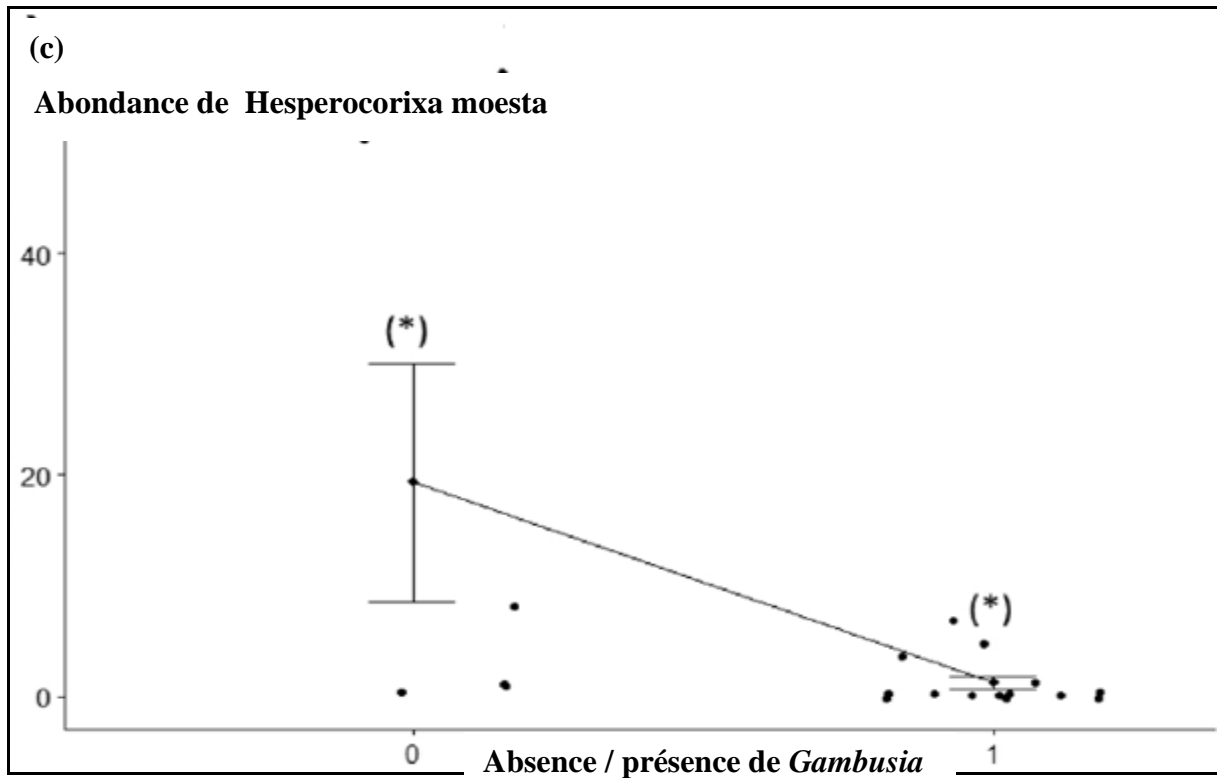


Fig. 47. Impacte de *Gambusia* sur quelque espèces d'Hémiptères (c : *Hesperocorixa moesta*, d : Corrélation entre *Gambusia holbrooki* et *Corixa affinis*).

4. 3. 1. Analyse de l'influence de *Gambusia holbrooki* par l'Analyse en Composante Principale (ACP)

Une analyse en composante principale a été réalisée (20 échantillons x 18 espèces) et quatre composantes représentant 63,6% de l'inertie totale ont été retenues (Fig. 48 a, b). La première composante (23,9% de la variance totale) est associée à une abondance élevée de Notonectidae et à l'absence de poissons.

G. Dakhla et la Saulaie au cours des deux premières années d'échantillonnage sont des sites caractéristiques de cette première composante. Cette composante comprend également le deuxième cycle de G. Estah dont la population de poissons a été décimée par une sécheresse estivale. La deuxième composante (16%) est associée à une abondance élevée de Corixidés de grande taille et à l'absence de *Notonecta*.

C'est G. Dakhla qui représente le mieux cet assemblage après l'invasion du site par *Gambusia holbrooki* au cours du troisième cycle hydrologique. La troisième composante (12,3%) s'oppose à une forte abondance de *Gambusia holbrooki* chez les espèces sensibles à la prédation par les poissons comme *Hesperocorixa moesta*, *Corixa* et *Notonecta glauca*, tandis que la quatrième composante (10,9%) est associée à la présence du rare relique Belostomatidé *Hydrocyrius columbiae* (Fig. 48 a, b).

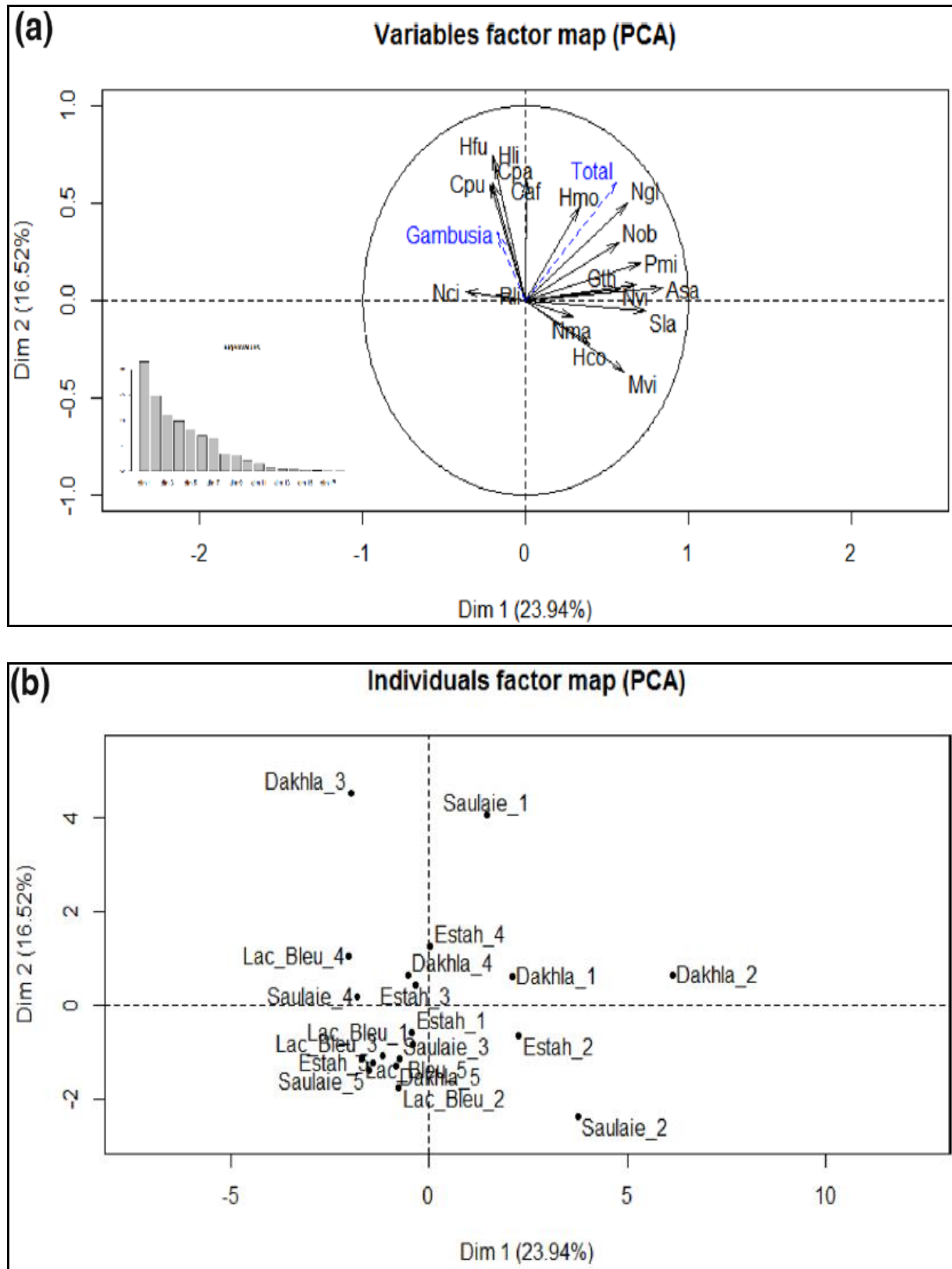


Fig. 48. Analyse en Composante Principale (ACP) réalisé sur quatre sites et 18 espèces d'Hémiptères (a: les espèces, b: les sites).

4. 4. Empiètement humain et ruissellement agricole

Entre 1992 et 2015, il y a eu une augmentation notable des activités humaines dans tout le système de dépressions dunaires de la Numidie orientale, qui s'étend de G. Estah / G. Dakhla au Lac Bleu/Saulaie.

Les cartes LULC basées sur l'OT indiquaient que les terres agricoles augmentaient alors que les terres sèches naturelles (forêts, arbustes et végétation herbacée) et les terres humides déclinaient (Tableau 9). Fait intéressant, les changements dans l'utilisation des terres n'étaient pas uniformes dans le système de dunes.

L'extension des zones bâties et des routes était concentrée autour du Lac Bleu et de la Saulaie, qui font partie du parc national d'El Kala, ainsi que de la ville d'El Kala et de sa banlieue (Fig. 49).

En revanche, il y avait une plus grande extension de l'agriculture et une perte de la couverture végétale concomitante plus importante aux environs de G. Estah et de G. Dakhla (Fig. 50). En outre, les zones de surface des zones humides naturelles ont entraîné plus de pertes d'habitat près de ces sites non protégés.

Tableau 9. Pourcentage des changements dans les caractéristiques du paysage entre 1992 et 2015 autour de chaque sites d'étude.

Caractéristiques du paysage	G. Dakhla	G. Estah	Lac Bleu	Saulaie
Routes, zones construites	-1,7	-3,9	57,8	68,9
Les terres agricoles	314,7	307,2	7,1	30,9
Terres arides naturelles	-37,6	- 39,2	- 3,5	-4,6
Zones humides naturelles (définitions de Ramsar)	-37,6	- 2,1	- 0,8	0,6

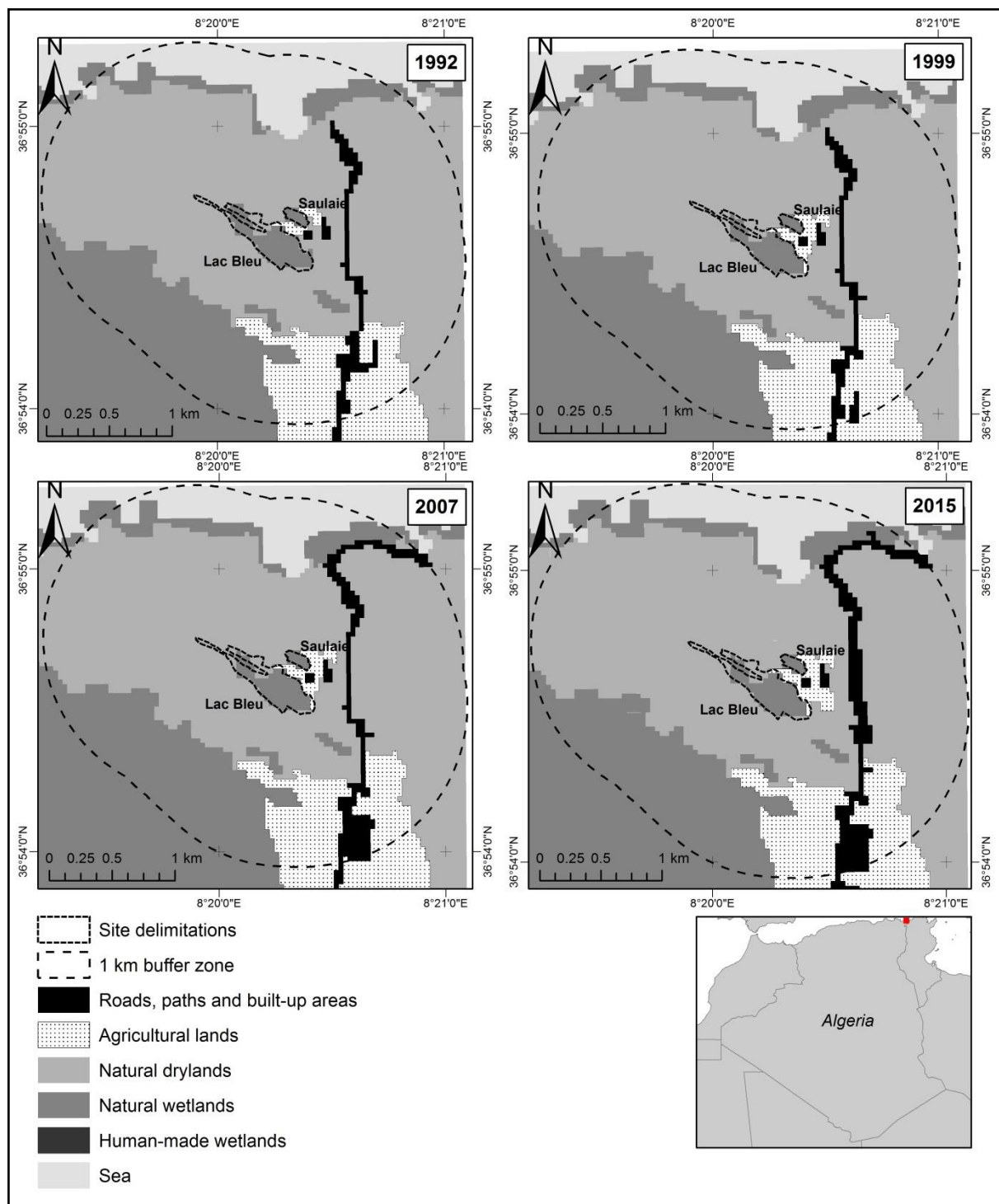


Fig. 49. Changements de la couverture paysagère dans une zone de protection de 1 km autour du Lac Bleu et de la Saulaie en 1992, 1999, 2007 et 2015.

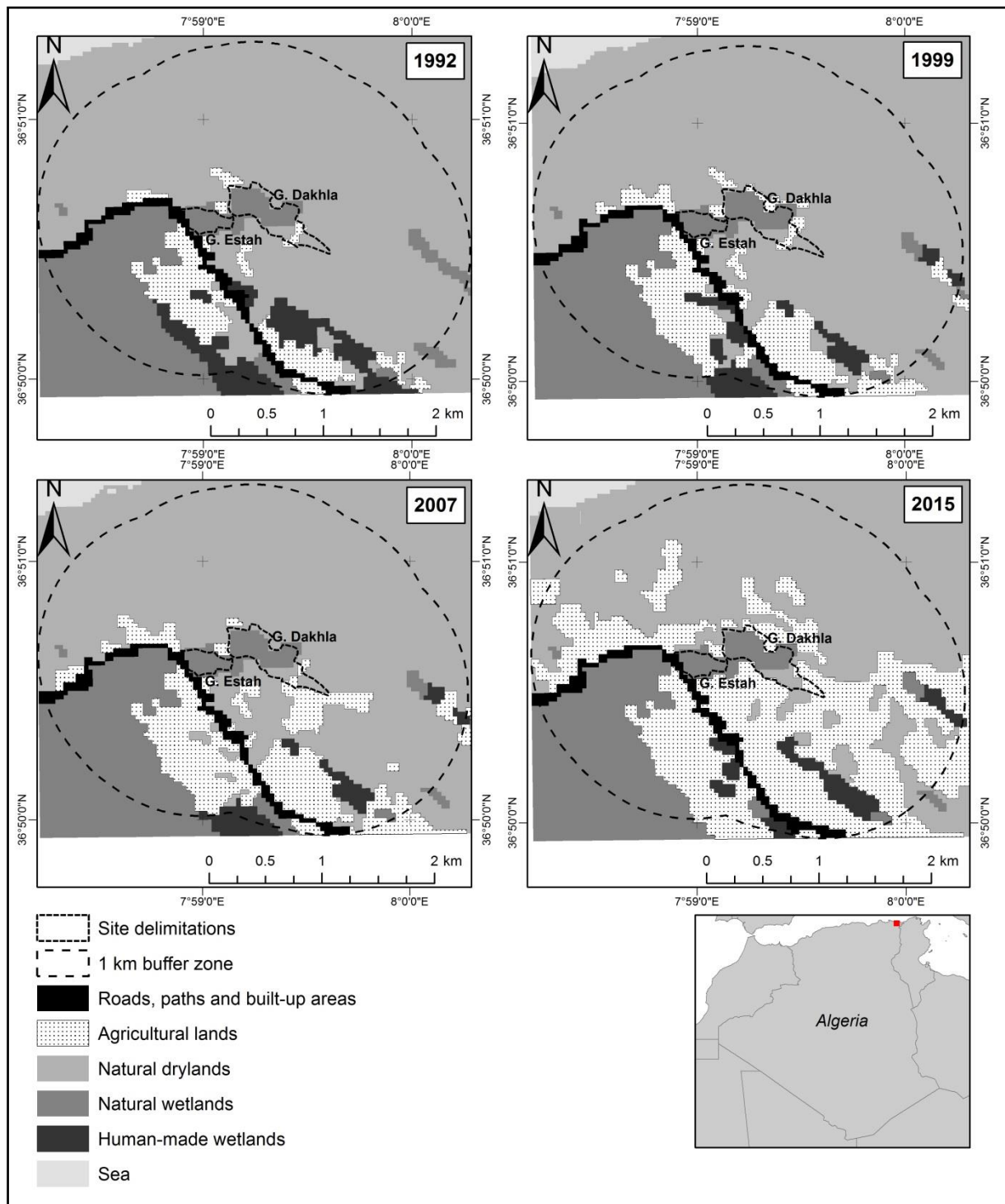


Fig. 50. Changements de la couverture paysagère dans une zone de protection de 1 km autour de G. Estah et de G. Dakhla en 1992, 1999, 2007 et 2015.

5. Analyses qualitative et quantitative de la communauté d'Hémiptères

5. 1. Nepomorpha

5. 1. 1. Belostomatidés

Cette famille est représentée par une seule espèce, représentant 1% du total des Hémiptères échantillonnés.

Seuls 34 individus de *Hydrocyrius colombiae* ont été récoltés au cours de cette étude, leur répartition est fragmentée dans les sites d'étude. On observe la valeur maximale pendant le deuxième cycle au niveau de la Saulaie. Par contre, la valeur minimale est notée à G. Dakhla pendant le troisième cycle, et l'absence totale durant le cinquième cycle (Fig. 51). C'est une espèce d'origine afrotropicale.

5. 1. 2. Népidés

Dans notre étude, cette famille est présentée par deux espèces : *Nepa cinerea* et *Ranatra linearis*. *Nepa cinerea* est une espèce paléarctique (Aukema et Rieger, 1995) enregistrée dans les eaux courantes (cours d'eau inférieur) (Lmohdi *et al.*, 2008; Annani *et al.*, 2012) ainsi que dans les eaux stagnantes (lacs, étangs, mares) (Annani *et al.*, 2012).

Dans cette étude, cette espèce a été observée en juin, décembre et mars dans un seul site le Lac Bleu peu profond avec seulement deux individus (Fig. 52). Cependant, Annani *et al.* (2012) l'ont trouvé toute l'année de janvier à décembre.

En outre, on observe *Ranatra linearis* au niveau de G. Dakhla et la Saulaie pendant les mois juin-août, octobre-décembre et février, représentée par 13 individus (Fig. 52).

5. 1. 3. Corixidés

Ces Hémiptères se distinguent bien des autres groupes aquatiques, en particulier grâce à leur rostre large et court, non segmenté et non mobile (Dethier, 1986). Les Corixidés est l'une des familles qui regroupe les plus grand nombre de genre et d'espèces. Ils sont dans leur majorité des prédateurs, certains éléments sont détritivores (Tachet *et al.*, 2000).

Ils se rencontrent dans les eaux calmes et en bordure des cours d'eau peu rapides (Tebibele, 1992; Poisson, 1938).

Dans le présent travail cette famille exprimée par sept espèces sont les suivant :

***Corixa panzeri* (Fieber)**, une espèce paléarctique, trouvée dans des mares proches des lacs Tonga et Oubeira (Tebibel, 1992). Annani *et al.* (2012) ont observé cette espèce en Numidie (est et ouest) dans des lacs, des étangs et des Ouadis ; existe de janvier à mars et de mai à décembre. Dans cette étude, cette espèce a été observée durant toute l'année (Tableau 5). Elle atteint la valeur maximale pendant le quatrième cycle, par contre la valeur minimale a été enregistrée dans le deuxième cycle (Fig. 53). Du point de vu spatiale, le Lac Bleu occupe l'effectif le plus élevé de *Corixa panzeri*. Cependant, G. Estah rassemble le faible nombre d'individus de cette espèce (Fig. 54).

***Corixa affinis* Leach**, est une espèce paléarctique (Aukema & Rieger, 1995). Elle fréquente les eaux courantes (rivières) (Poisson & Gauthier, 1926; Thiéry, 1981; Lmohdi *et al.*, 2008; Annani *et al.*, 2012) et les eaux stagnantes telles que les étangs (Tebibel, 1992; Chavanon *et al.*, 2004) et les lacs (Annani *et al.*, 2012).

Dans notre étude, cette espèce a été observée durant toute l'année (Tableau 5) et dans les quatre sites (Tableau 4). Elle est exprimée avec des valeurs plus au moins élevées. La valeur maximale est enregistrée durant le quatrième cycle hydrologique à G. Dakhla. Par contre, la valeur minimale a été observée pendant le cinquième cycle hydrologique (Fig. 53). La figure 54 indique que G. Dakhla abrite le grand nombre d'individus de cette espèce suivi par G. Estah, le Lac Bleu et la Saulaie regroupe le même nombre (Fig. 54).

***Corixa punctata* (Illiger)**, espèce paléarctique, peu commune et peu fréquente en Numidie, mais présente un statut d'espèce assez commune et assez fréquente dans le Constantinois. Elle est limitée au Nord du pays (Annani, 2013). Dans cette étude elle a été récoltée à G. Dakhla (Tableau 4) au mois de mars (Tableau 5) pendant le troisième cycle hydrologique par un seul individu (Fig. 53, 54).

Hesperocorixa linnaie (Fieber), a été trouvée en Numidie (orientale et occidentale) dans des eaux stagnantes (lacs, étangs, Garat) et à Ouadis (Tebibel, 1992 ; Annani *et al.*, 2012). Cette espèce paléotropicale a été observée de janvier à mars, en mai et du mois d'août à décembre (Annani *et al.*, 2012). *Hesperocorixa linnaie* a été enregistrée dans les quatre sites étudiés, mais avec un nombre plus important dans le troisième cycle hydrologique (Tableau 4) et au niveau de G. Dakhla de manière générale (Fig. 53, 54).

Hesperocorixa moesta (Fieber), est une espèce du Paléarctique occidental (Aukema & Rieger, 1995). Elle vit dans les eaux courantes (Lmohdi, *et al.*, 2008 ; Annani, *et al.*, 2012) ainsi que dans les eaux stagnantes, les piscines (Tebibel, 1992, Boix *et al.*, 2001) et les lacs (Annani *et al.*, 2012). Selon Annani *et al.* (2012), cette espèce a été observée en Numidie (Est et Ouest) de janvier à avril, d'août à octobre et en décembre.

Dans cette étude, elle a été trouvée pendant toute l'année (Tableau 5), et dans tous les sites d'étude. Les deux figures 53 et 54 présentent la diminution progressive de cette espèce au fil du temps.

Hesperocorixa furtiva (Horvath), espèce paléarctique à affinité subméditerranéennes, peu commune et peu fréquente. Selon Annani (2013), sa présence est marquée au Centre et au Nord-est du pays, elle semble indifférente à la prédation de poissons.

Dans cette étude elle a été trouvée au niveau de G. Dakhla, G. Estah et la Saulaie (Tableau 4) pendant les mois suivants : juillet, septembre, et décembre à mars (Tableau 5). Elle présente les valeurs les plus faibles et l'absence totale pendant le deuxième et le cinquième cycle au le Lac Bleu (Fig. 53,54).

Sigara sp. *Sigara scripta* (Rambur), *Sigara nigrolineata* (Fieber) et *Sigara lateralis* (Leach), espèces paléarctiques, ont été observés dans des eaux stagnantes (lacs, étangs et mares, dunaires) et dans les oueds (Tebibel, 1992; Annani *et al.*, 2012). La phénologie de ces espèces est la suivante:

Sigara scripta (Rambur): janvier-mars

Sigara nigrolineata (Fieber): janvier, juin, septembre-octobre ;

Sigara lateralis (Leach): janvier, mai - juillet, septembre - décembre (Annani *et al.*, 2012).

Dans notre étude, *Sigara sp.* a été trouvée dans un seul site, le Lac Bleu et avec un nombre faible (65 individus) (Tableau 4), durant toute l'année sauf les deux mois février et avril (Tableau 5) (Fig. 53, 54), en toute l'année sauf les deux mois février et avril (Tableau 5).

5. 1. 4. Notonectidés

Présentant quelques ressemblances superficielles avec les Pleidae, les Notonectidae sont beaucoup plus grands que ces derniers : au moins 5 mm, les pattes postérieures, plus ou moins aplaties, sont frangées de soies natatoires (Dethier, 1986). Dans cette étude, cette famille a été exprimée par quatre espèces : *Notonecta glauca*, *Notonecta obliqua*, *Notonecta viridis* et *Anisops sardea*.

Anisops sardea **Herrich-Schaffr**, est une espèce paléotropicale (Annani *et al.*, 2012) observée dans les eaux stagnantes (étangs, lacs, Gaarat) et dans les eaux courantes de Numidie (Est-Ouest) de janvier à décembre (Annani *et al.*, 2012). Dans la présente étude, cette espèce est observée dans les quatre sites d'étude pendant toute l'année (Tableau 5).

Dans les deux figures 55 et 56 se manifester la dominance d'*Anisops sardea* pendant les cinq cycles et au niveau les quatre sites d'étude, et la faible présence de *Notonecta obliqua*, *Notonecta glauca* et *Notonecta viridis* (présenté par un seul individu à G. Dakhla au mois de janvier durant le deuxième cycle hydrologique) pendant la période d'étude.

5. 1. 5. Pleidés

Ces petits insectes ont un corps fortement convexe, la tête et le prothorax partiellement fusionnés, un rostre de 4 articles et des antennes de 3 articles. Les pattes sont de type ambulatoire, avec cependant des soies sur les tibias et les tarses postérieurs. Les Pleidae nagent sur le dos, dans les eaux tranquilles (Dethier, 1986).

Plea minutissima **Leach**, est une espèce Paléarctique largement répandue. Elle est courante en Afrique du Nord (Aukema & Rieger 1995), dans les eaux stagnantes (Aguesse *et al.*, 1982; Tebibel, 1992; Gheit, 1994) ainsi que dans les eaux courantes (Poisson & Gauthier 1926; Lmohdi *et al.*, 2008).

Dans cette étude, cette espèce est présente durant toute l'année dans les quatre sites pendant les quatre premiers cycles (durant le cinquième cycle, elle était présente uniquement au Lac Bleu). Elle occupe la première place avec 3509 individus et un pourcentage de 47% du total des Hémiptères récoltées. La figure 57 nous montre la dégradation de l'abondance de *Plea minutissima* au fil du temps. Cependant, Annani *et al.* (2012) l'ont trouvée dans de nombreux sites pendant toute l'année de janvier à décembre.

5. 1. 6. Naucoridés

Ces insectes ont un corps aplati et ovalaire, des pattes antérieures ravisseuses et ne possèdent pas de siphon respiratoire. Ils nagent sur le ventre assez agilement bien que leurs pattes postérieures ne soient pas modifiées en palettes natatoires. Leur piqûre est douloureuse. En Europe, on connaît deux genres, représentés chacun par une espèce (Dethier, 1986). Dans notre travail cette famille est exprimée par une seule espèce.

Naucoris maculatus Fabricius, c'est une espèce Paléarctique qui est commune dans les zones méditerranéennes y compris l'Afrique du Nord (Aukema & Rieger 1995). On observe cette espèce durant toute l'année sauf le mois de février dans les quatre sites, avec un pourcentage de 3% et de 240 individus (Tableau 4). Les valeurs extrêmes sont notées à G. Dakhla pendant le premier cycle et à la Saulaie pendant le premier et le quatrième cycle. remarquons l'absence totale de cette espèce durant le dernier cycle (Fig. 58).

5. 2. Gerromorpha

5. 2. 1. Gerridés

Les Gerridae n'ont pas comme les Veliidae, un sillon sur le vertex et leurs pattes antérieures sont nettement éloignées des pattes moyennes. Les deux paires de pattes postérieures sont en outre fort longues (Dethier, 1986). Ces espèces sont rencontrées dans divers types d'eaux stagnantes, certaines fréquentent les eaux courantes (Dethier, 1985-1986). Dans notre étude, les Gerridés ont occupé 1% du total de la communauté des Hémiptères (36 individus), et elles sont représentées par une seule espèce (*Gerris thoracicus* Schummel). Nous avons observé la diminution progressive de l'abondance de cette espèce jusqu'à l'absence totale au cinquième cycle hydrologique (Fig. 59).

5. 2. 2. Mesoveliidés

Insecte de petite taille, brun ou vert. Tête plus longue que large avec des yeux et de gros ocelles. Rostre long formé de 3 articles. Ces insectes se rencontrent le plus souvent sur les feuilles flottantes des plantes aquatiques (nénuphars, potamots) et se distinguent des autres Héteroptères de surface par leurs hanches postérieures quasi contiguës. Il existe un seul genre en Europe (Dethier, 1986). Espèce d'origine éthiopienne à vaste distribution Paléotropicale, assez commune et assez fréquente en Numidie, mais elle change de statut en devenant fréquente et commune dans le Constantinois ; sa présence prédomine au Nord du pays (Annani, 2013).

Dans la présente étude, cette famille est représentée par une seule espèce : *Mesovelia vittigera*, elle est présente à travers 60 individus au premier et au deuxième cycle hydrologique (tableau 4). La figure 60 révèle que la présence de *Mesovelia vittigera* est marquée seulement pendant le premier et le deuxième cycle. Elle atteint le maximum à la Sulaie avec 32 individus au deuxième cycle, et le minimum au Lac Bleu pendant le premier cycle (avec un seul individu).

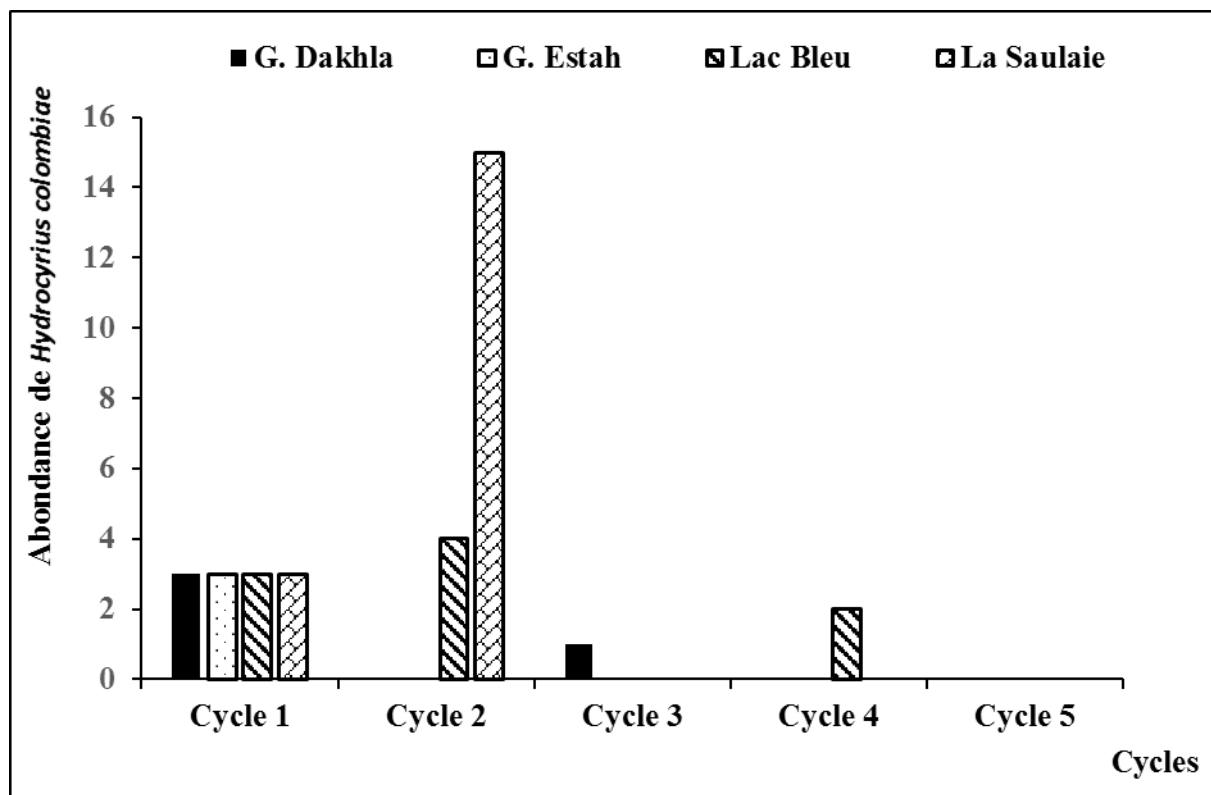


Fig. 51. Evolution spatiotemporelle de l'abondance de Belostomatidés.

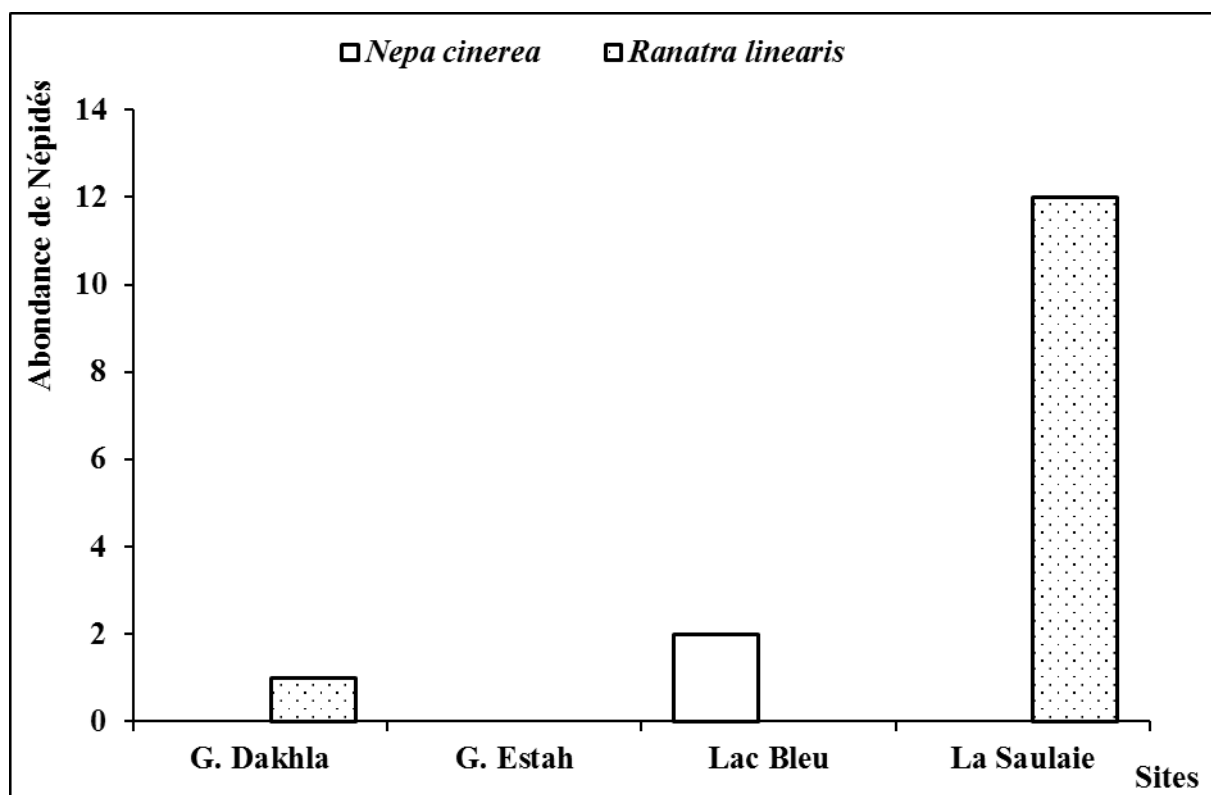


Fig. 52. Evolution spatiotemporelle de l'abondance de Népidés.

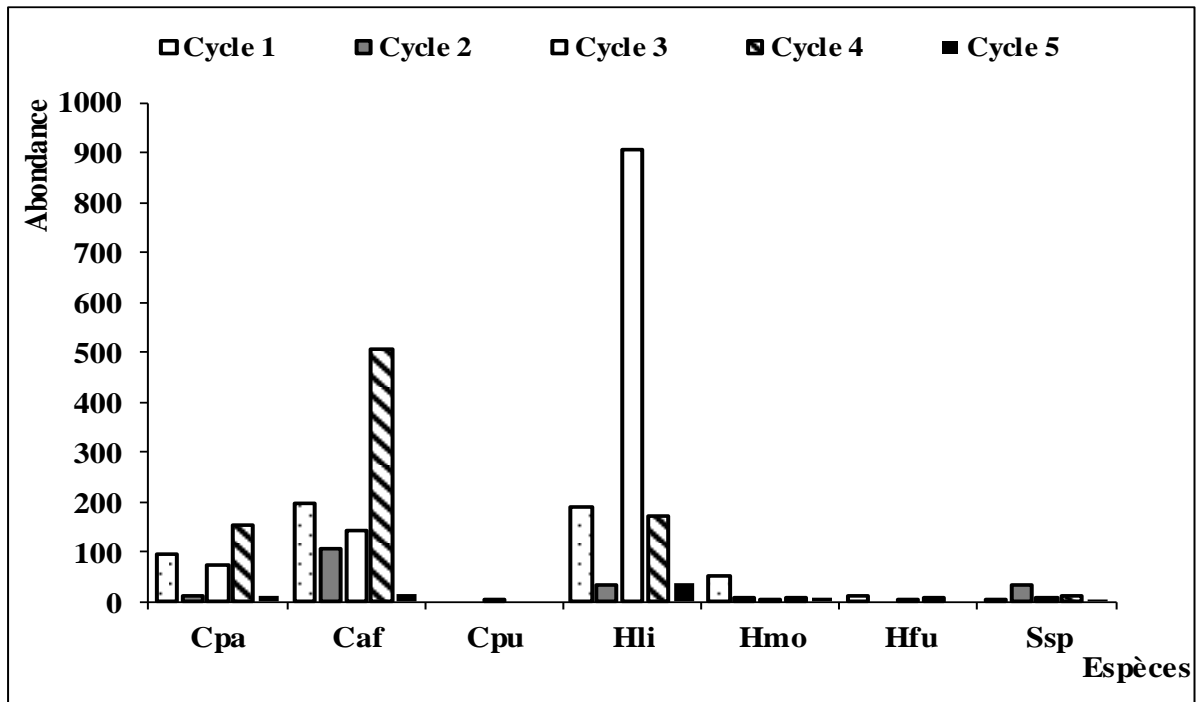


Fig. 53. Evolution temporelle de l'abondance de Corixidés. (Cpa : *Corixa panzeri*, Caf : *Corixa affinis*, Cpu : *Corixa punctata*, Hli : *Hesperocorixa linnaie*, Hmo : *Hesperocorixa moesta*, Hfu : *Hesperocorixa furtiva*, Ssp : *Sigara sp.*

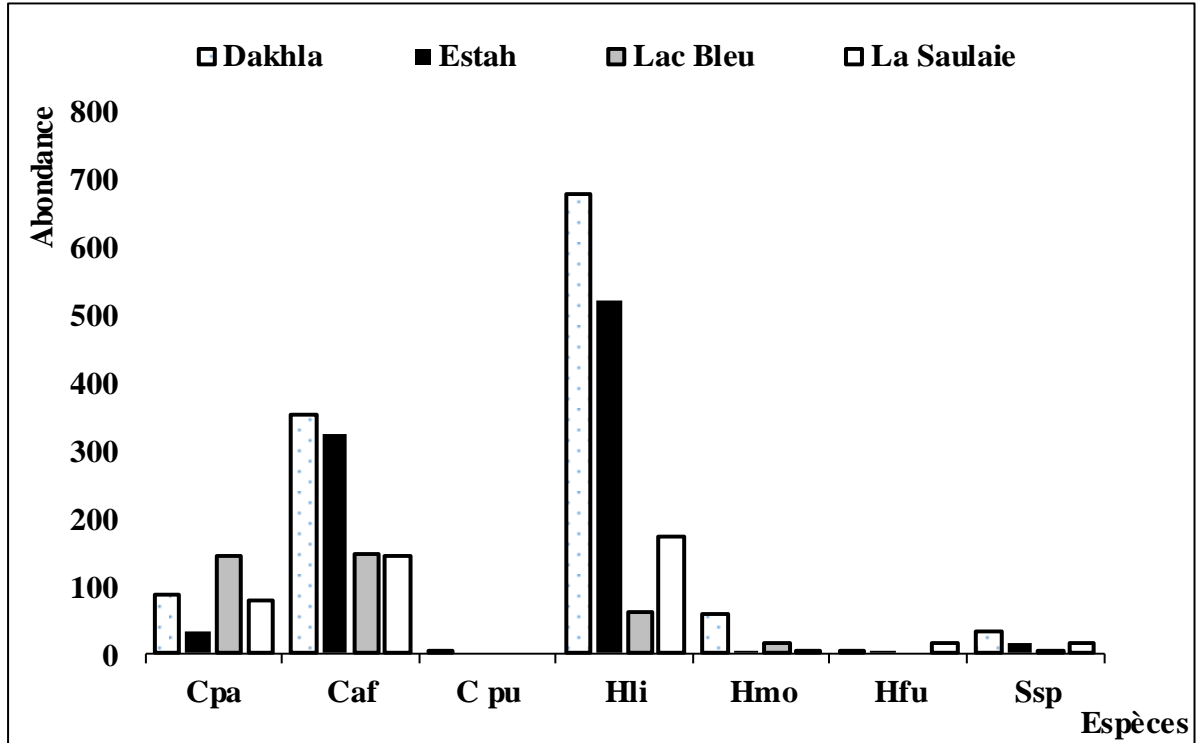


Fig. 54. Evolution spatiale de de l'abondance de Corixidés (Cpa : *Corixa panzeri*, Caf : *Corixa affinis*, Cpu : *Corixa punctata*, Hli : *Hesperocorixa linnaie*, Hmo : *Hesperocorixa moesta*, Hfu : *Hesperocorixa furtiva*, Ssp : *Sigara sp.*

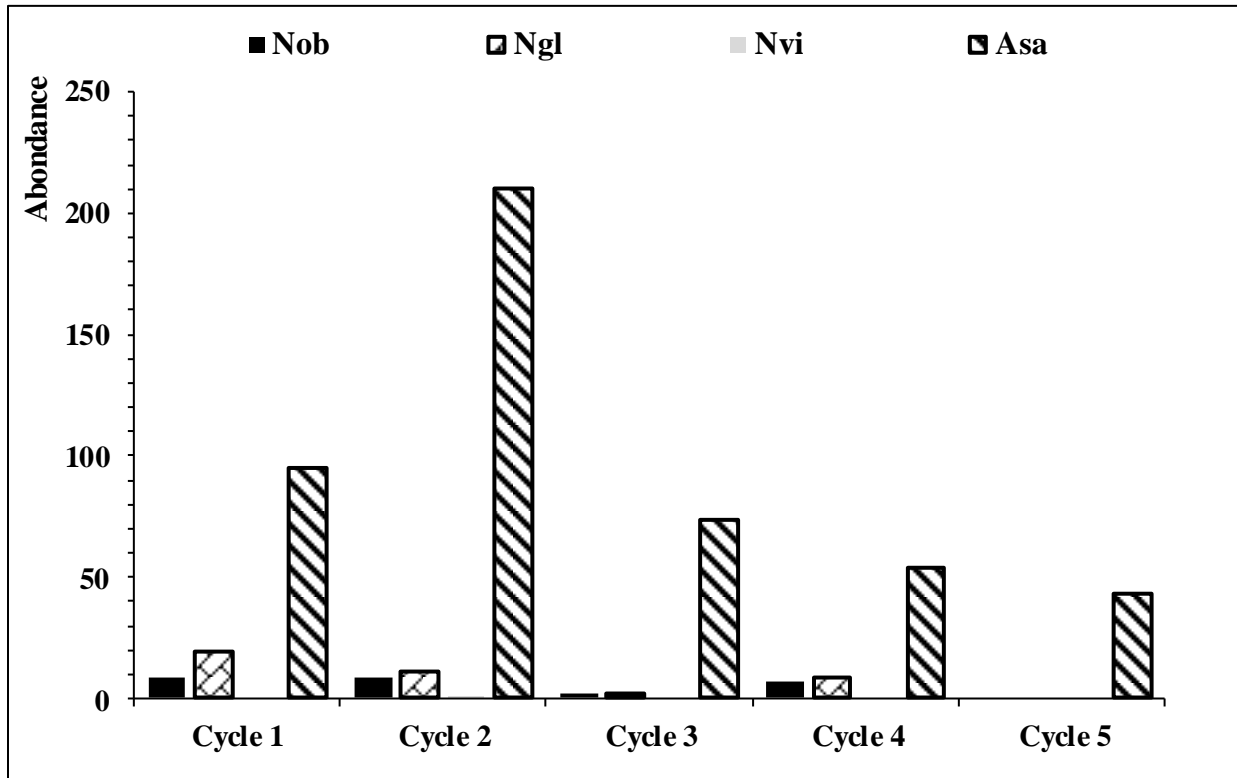


Fig. 55. Evolution temporelle de l'abondance de Notonectidés (Nob : *Notonecta obliqua*, Ngl : *Notonecta glauca*, Nvi : *Notonecta viridis*, Asa : *Anisops sardea*).

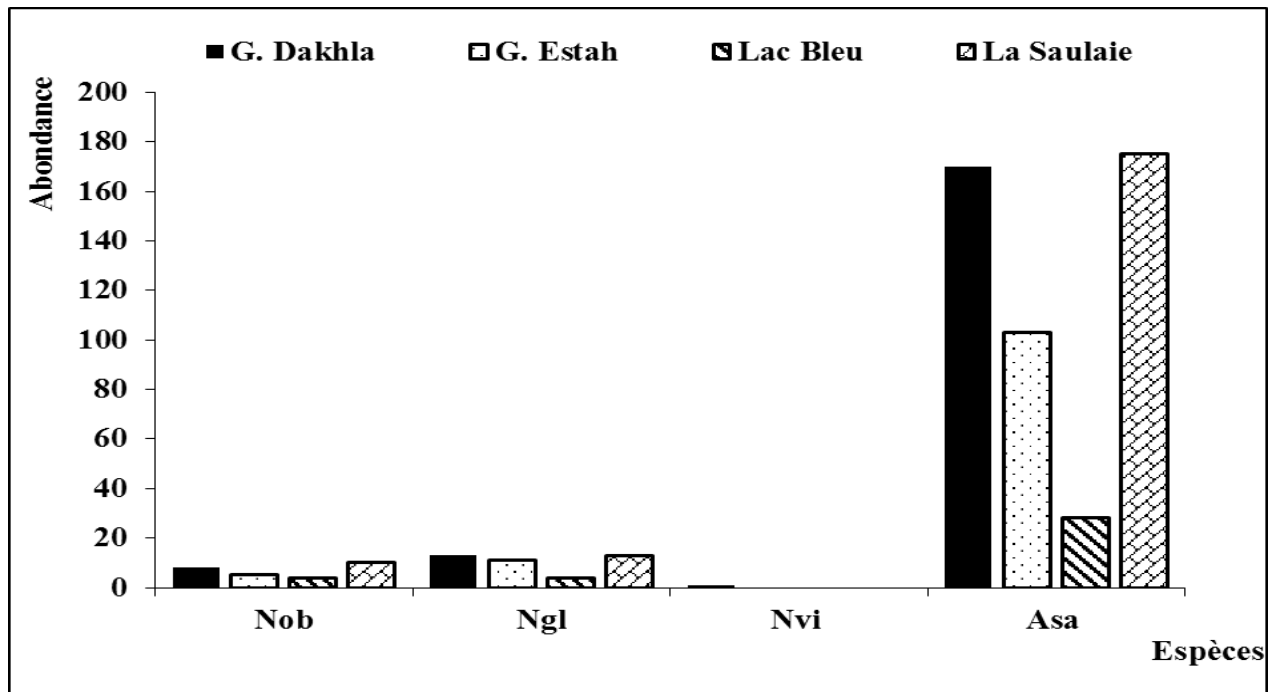


Fig. 56. Evolution spatiale de l'abondance de Notonectidés. (Nob : *Notonecta obliqua*, Ngl : *Notonecta glauca*, Nvi : *Notonecta viridis*, Asa : *Anisops sardea*).

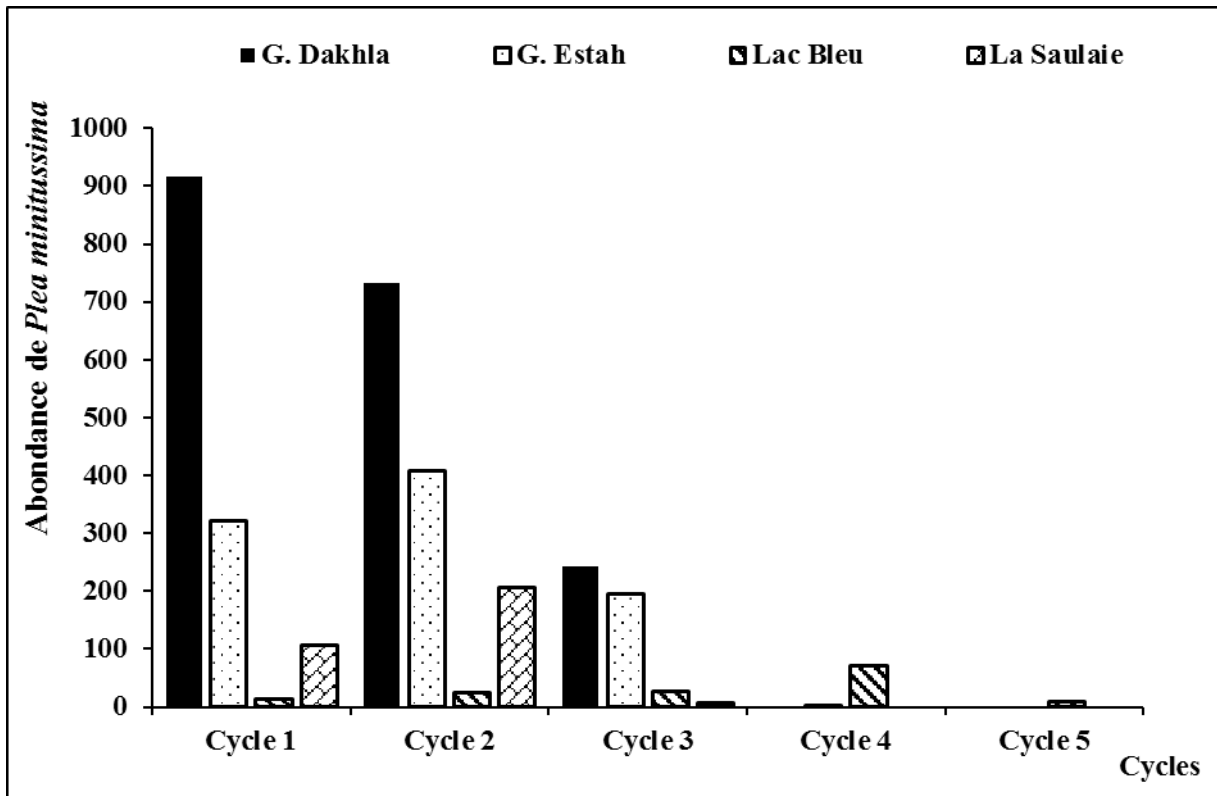


Fig. 57. Evolution spatiale de l'abondance de Pleidés.

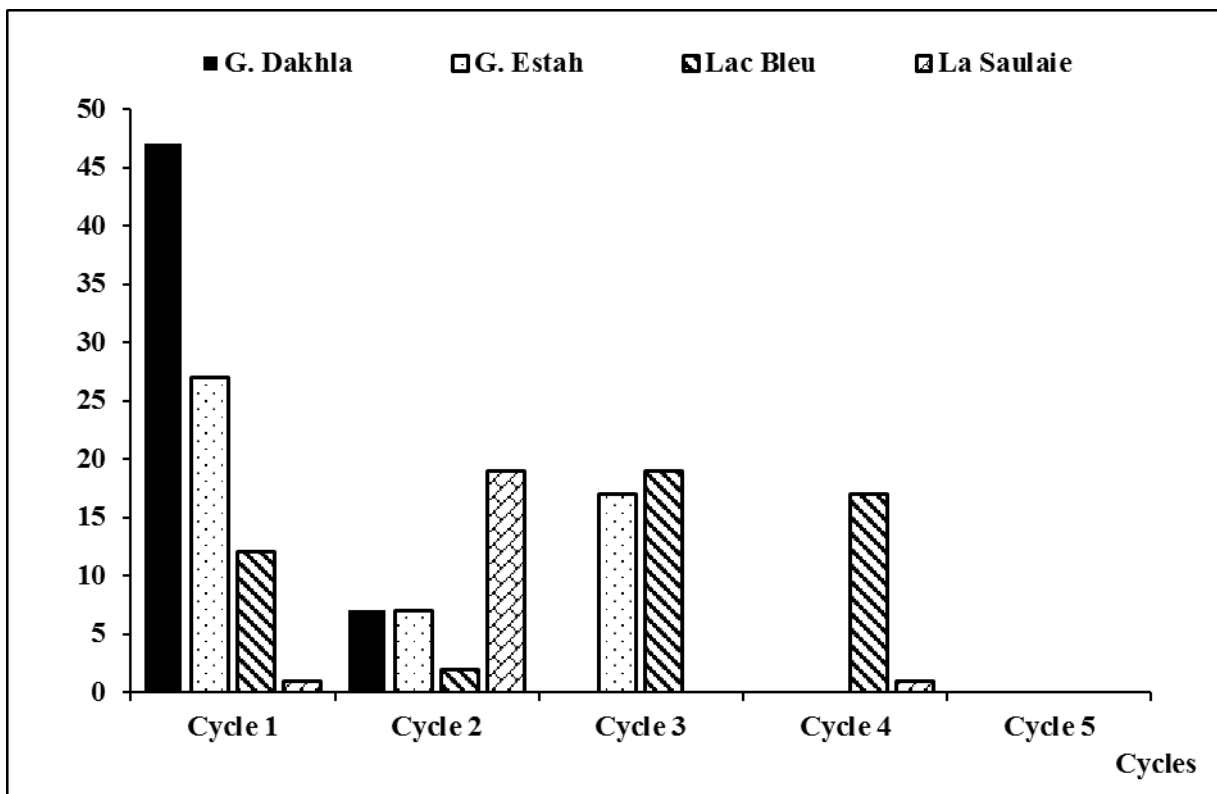


Fig. 58. Evolution spatiale de l'abondance de Naucoridés.

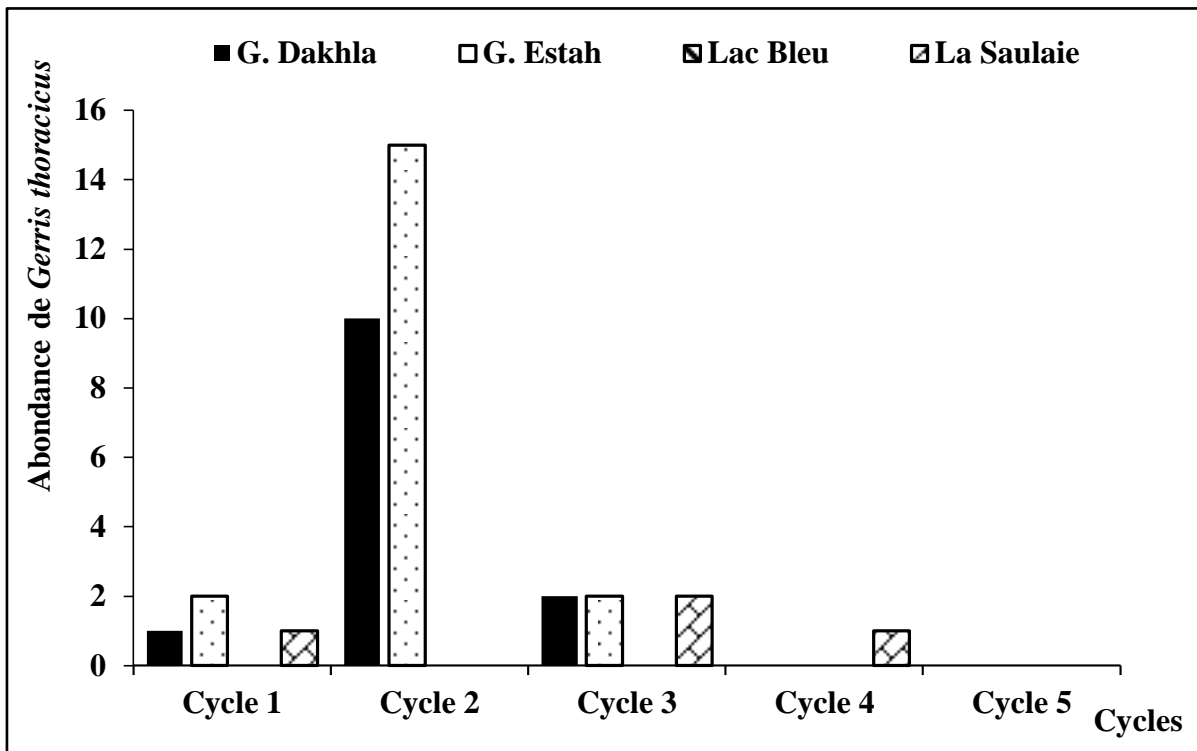


Fig. 59. Evolution spatial de l'abondance de Gerridés.

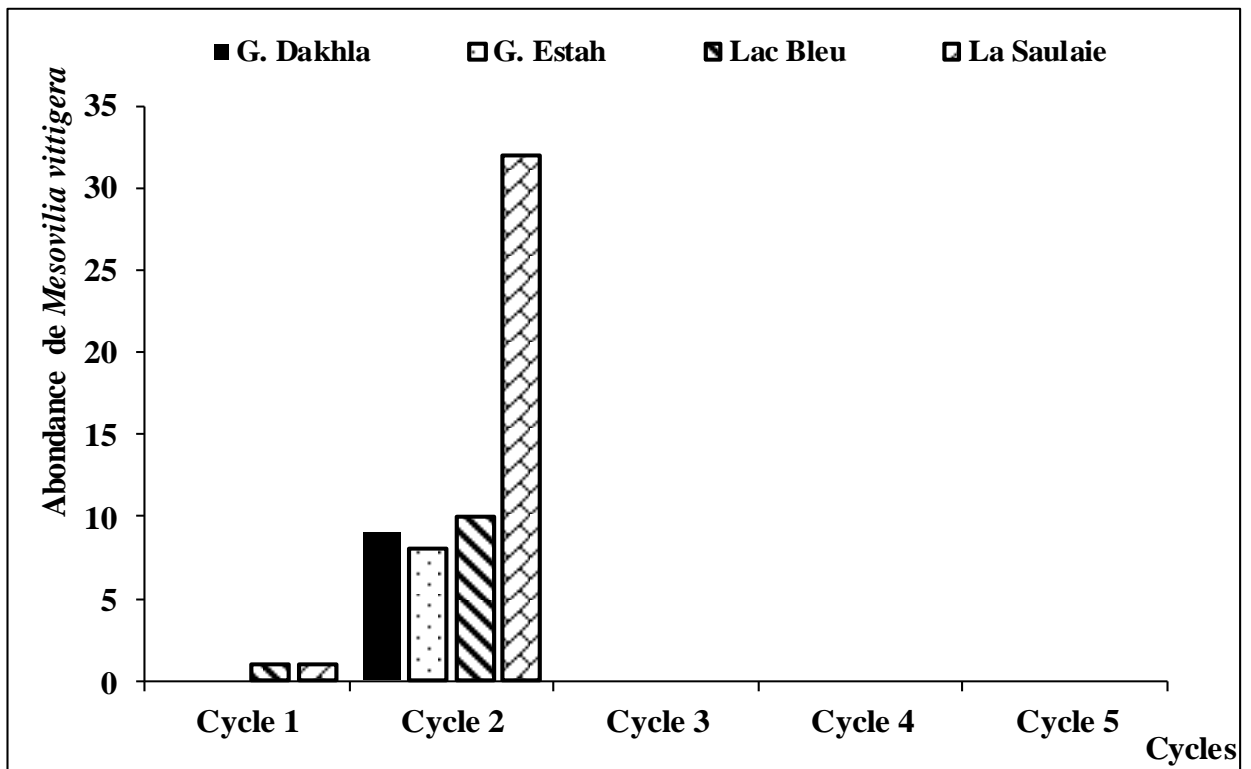


Fig. 60. Evolution spatial de l'abondance de Mesoveliidae.

6. Discussion

La Numide se situe au niveau des régions où le taux d'endémisme est le plus élevé (Riservato *et al.*, 2009). En plus, la région est une véritable poche d'espèces afrotropicales relictuelles contenant des espèces menacées (Samraoui *et al.*, 1993; Boudot *et al.*, 2009). Les dépressions dunaires sont des éléments essentiels du paysage de la Numide, des mosaïques d'habitat qui fournissent un riche éventail de paysages fonctionnels (Bélaïr & Samraoui, 1994; Samraoui & Bélaïr, 1997). Cependant, en phase avec ce qui se passe dans le monde entier, les activités humaines érodent le paysage en modifiant la connectivité entre les étangs et les autres éléments du paysage (Carpenter *et al.*, 2011). La magnitude des changements enregistrés dans le système de dunes de la Numidie affaiblit la connectivité des étangs de dunes à d'autres paysages et donc va impacter sur les fonctions et services de l'écosystème (Mitchell *et al.*, 2013). L'importance avérée du complexe de zones humides de la région est également marquée par des résultats originaux qui ont permis de créer une banque de données conséquente pour une multitude d'autres taxons: zooplancton et branchiopodes (Samraoui *et al.*, 1998b), amphibiens (Samraoui *et al.*, 2012) et oiseaux d'eau (Samraoui & Samraoui, 2008; Samraoui *et al.*, 2011a).

Les communautés de macroinvertébrés constituent des indicateurs de choix pour l'évolution de la qualité écologique des zones humides. La grande sensibilité de l'évolution basée sur ces indicateurs s'explique par le fait que les communautés de macroinvertébrés sont formées d'organismes très variés (larves, adultes, vers, mollusques et crustacés...) couvrant tous les niveaux trophiques et modes d'alimentation, de tailles, de modes de reproduction, de sensibilité à la pollution, de cycles de vie, de modes de respiration, etc. De plus, Les macroinvertébrés sont présents dans toutes les zones humides (Vanden-Bossche, 2005). Ainsi, les invertébrés procurent une importante source de nourriture à de nombreux amphibiens et reptiles, poissons, oiseaux et certains mammifères (Chessman, 1995; Barbour *et al.*, 1999). Dans le cadre de l'étude de la biodiversité, d'importants travaux ont été menés ces dernières décennies dans le monde, concernant les plantes et les mammifères (P.N.U.E, 1994). Hebert (1999) a souligné que les problématiques de la biodiversité ont presque été associées aux vertébrés ou aux plantes avec comme résultat logique que la majeure partie des espèces reconnues comme vulnérables, menacées ou encore en danger appartiennent à ces groupes.

Cependant, il sied de se poser la question à savoir comment peut-on parler de biodiversité en ignorant près des 2/3 la composante des êtres animaux c'est-à-dire les insectes et les autres arthropodes. Ainsi, la surveillance des écosystèmes par le suivi des insectes et d'autres arthropodes permet de connaître les changements, lorsque ceux-ci ont lieu, dévaluer les causes de ces changements et de tenter de prédire leurs conséquences. L'inventaire de ces animaux fournit des renseignements sur les niveaux et les tendances actuelles de la biodiversité, les arthropodes en général et les insectes en particulier constituent donc un outil précieux pour l'étude des écosystèmes et l'évaluation de leur état de santé (P.N.U.E, 1994). D'après Plafkin *et al.* (1989), la détérioration de communautés benthiques peut s'exprimer de différentes manières, soit par l'absence de taxons polluo-sensibles, par la dominance de certains taxons polluo-résistants comme les Chironomidés ou par les changements importants dans la composition relative de la communauté benthique. Un changement de composition de la faune benthique peut affecter le fonctionnement de l'écosystème (Statzer *et al.*, 2001; Menzes, *et al.*, 2010; Lamhasni *et al.*, 2013). En revanche Bayed & Bazairi (2008) montrent qu'il y a une relation entre la distribution des macrofaunes et leur environnement.

Un résultat important de notre étude indique que la biodiversité des dépressions dunaires de la Numidie orientale semble avoir été considérablement impactée au cours de la période d'étude. Au total, 18 espèces d'hémiptères aquatiques appartenant à 12 genres et 8 familles ont été identifiées dans les quatre étangs étudiés. Ce nombre peut être mis en contexte en le comparant avec les résultats d'un autre travail qui a échantillonné 83 sites distincts dans le nord-est de l'Algérie et répertorié 35 espèces (Annani *et al.*, 2012). Le pourcentage élevé d'espèces récupérées dans notre étude (54%) est encore plus remarquable que notre étude exclut l'échantillonnage des zones semi-arides et habitats lotiques et lentiques de Annani *et al.* (2012).

Ce résultat est conforme aux travaux précédents mettant en évidence la biodiversité remarquable des petits plans d'eau, souvent dominés par les Hémiptères et les Coléoptères (Nicolet *et al.*, 2004; Zacharias *et al.*, 2007; Bilton *et al.*, 2009 ; Williams *et al.*, 2003 ; Angelibert *et al.*, 2006 ; Davies *et al.*, 2008).

La grande biodiversité des masses d'eau temporaires est liée à leur statut relativement isolé par rapport à leur statut permanent, à leur date d'inondation imprévisible, à leur petite taille et à leurs conditions de faible profondeur (Zacharias *et al.*, 2007). En outre, d'autres travaux ont observé que parmi les insectes, les espèces d'Hémiptères et de Coléoptères dominaient les assemblages d'étangs temporaires (Eyre *et al.*, 1992; Boix *et al.*, 2001; Nicolet *et al.*, 2004; Bilton, 2009). La communauté des Hémiptères aquatiques est composée de 7418 spécimens (appartenant à 2 infra-ordre, à 8 familles correspondant à 18 espèces). Cette abondance fluctue suivant les stations et les cycles hydrologiques. L'analyse de l'ensemble du peuplement récolté durant la période d'étude, montre que les Corixidés est la famille la plus diversifiée avec 7 espèces, et occupe la deuxième place numériquement avec 40% après la famille des Pleidae qui représente 47% de l'ensemble de la population des Hémiptères.

Notre étude a révélé une abondance élevée des Hémiptères aquatique aux printemps. Ceci serait lié probablement à l'augmentation de la température. En effet, la température élevée accélère l'éclosion des œufs, le développement larvaire ainsi que la survie (Dajoz, 1985; Picchod & Frontier, 1991; Samraoui *et al.*, 1993; Thiéry, 1997). Ces résultats sont confirmés par plusieurs travaux parmi lesquels, nous citons ceux de Gagneur & Allan (1991) de Bouzidi & Gaudicelli (1994) de Berrahou *et al.*, (2001) et de Launaci & Vancon (2005).

La faible richesse taxonomique enregistrée en hiver pourrait être expliquée par la basse température qui prolonge le développement embryonnaire (Moog *et al.*, 1998 in Fermignac *et al.*, 2008; Moorkens, 2000) et conduit certaines espèces à entrer en diapause.

L'augmentation de la température dès l'arrivée du mois de mars permet à ces espèces de rompre la diapause hivernale ce qui se traduit par une richesse taxonomique importante. Dramane *et al.* (2009) ont trouvé une forte corrélation positive entre l'abondance des Epheméroptères, et des Diptères (Chironomidae) et la température. En été, au contraire, certaines espèces estivent ex. *Notonecta glauca* ceci explique la réduction du nombre de taxons. D'après Thomas (1981) la température de l'eau influence la répartition de la faune benthique.

La richesse spécifique élevée observée à G. Dakhla suivie de la Saulaie et de G. Estah, et enfin du Lac Bleu serait probablement liée à l'état hydrologique des sites. Selon Boix et al. (2001), l'hydropériode est l'un des principaux facteurs affectant la composition et la structure des assemblages aquatiques, permettant aux étangs temporaires de supporter des communautés biologiques différentes de celles qui habitent des habitats permanents. Cependant, l'abondance globale et la richesse spécifique des hémiptères aquatiques ont montré une importante diminution en nombre, alors que l'abondance et la richesse spécifique ont montré un déclin progressif marqué au fil du temps. Cette étude a révélé que les Hémiptères aquatiques sont plus abondants au printemps, en particulier au mois de mai. Cela serait probablement lié à la hausse de la température après avoir passé l'hiver où la température était basse et a ensuite commencé à augmenter. Les résultats obtenus ont révélé que 16 espèces avaient déjà été enregistrées par Annani *et al.* (2012).

L'indice de diversité de Shannon était relativement stable jusqu'à la dernière année d'échantillonnage au cours de laquelle il a affiché une baisse importante. Lorsque l'abondance varie de manière significative entre les échantillons, l'interprétation des résultats peut dépendre du choix de l'indice de diversité (Magurran, 1988). Deux structures communautaires claires, dominées par les Notonectidés et Corixidés, respectivement, sont sorties de l'analyse multivariée.

Bien que la position trophique détaillée de la plupart des Corixidés et des Notonectidés est mal connue (Klecka, 2014), leur distribution différentielle à travers l'étude des étangs et les cycles hydrologiques suggèrent des réponses à des pressions anthropiques pouvant illuminer les structures du réseau trophique des dépressions de dunes.

Dans le présent travail, les résultats ont indiqué que la richesse et l'abondance spécifiques observées dans le cinquième cycle hydrologique sont faibles pour les périodes estivales (août à septembre), probablement liées aux périodes d'assèchement. En effet, G. Estah et G. Dakhla sont complètement à sec, à la différence du Lac Bleu et de la Saulaie. Au Lac Bleu, la faible richesse serait probablement liée à la diminution de la profondeur de l'eau.

Les Hémiptères adultes sont mobiles et peuvent quitter l'étang quand il se dessèche ou quand l'eau commence à diminuer en raison de leurs excellentes capacités de dispersion (Wiggins *et al.*, 1980; Bilton *et al.*, 2001). De plus, certaines espèces peuvent estiver telles que *Notonecta glauca*, ce qui explique leur réduction en été (Annani *et al.*, 2012). Ces variations spatiales pourraient être attribuées aux diverses influences que subit les milieux et aussi à la nature des différents milieux. En effet, un plan d'eau perturbé peut créer des conditions défavorables pour certains organismes laissant la place ainsi à d'autres organismes plus tolérants. La qualité de l'eau a une influence déterminante sur la biodiversité, notamment la pollution liée à l'excès de matière organique entraînant l'eutrophisation du milieu. Celle-ci constitue un facteur limitant pour la colonisation du milieu chez certaines espèces (Benchalel & Samraoui, 2012).

Au total, trois facteurs de stress anthropiques ont été identifiés (poissons invasifs, envahissement humain, y compris le ruissellement agricole et le réchauffement de la planète) mais démêlant l'impact séparé de chacun de ces facteurs de stress enregistrés sur les bassins d'étude nécessiteraient une approche expérimentale. Nous examinerons chaque facteur à tour de rôle et tenterons de discuter les impacts et les implications potentiels.

6. 1. Poissons envahissants

La prédation est un facteur important de la structure du réseau alimentaire (Zaret, 1980). La prédation sélective par les poissons où les Notonectidés peut réduire l'abondance du Zooplancton de grande taille et la modification de la composition en espèces et la diversité des communautés d'eau douce (Batzer & Wissinger, 1996; Shurin, 2001). En Algérie, il a été démontré que la prédation par *Gambusia* peut épuiser l'assemblage du zooplancton des lacs permanents et des mares temporaires (Samraoui, 2002; Haiahem *et al.*, 2017). Ainsi, une pénurie de Zooplancton due à la prédation par le poisson peut avoir des effets négatifs conséquents sur les insectes aquatiques prédateurs comme les Notonectidés qui dépendent également et fortement de ce type de proie (Murdoch *et al.*, 1984). L'impact négatif de la prédation par les poissons *Gambusia* (Mura *et al.*, 1984); ces étangs comprennent généralement des poissons comme *Gambusia affinis*.

De plus, ce poisson montre une activité plus élevée lorsque la température augmente (Reddy, 1975; Wurtsbaugh & Cech, 1983; Cech *et al.*, 1985). Par conséquent, la réduction des Hémiptères en été pourrait être liée à la prédation intense des poissons.

Notre étude a indiqué une réponse différentielle des Notonectidés et des Corixidés en présence de *Gambusia* et une importante relation entre la présence de *Gambusia* et le déclin des Notonectidés. Les Notonectidés peuvent souffrir d'un manque de proie de Zooplancton, mais peuvent également devenir la proie de poissons ou éviter les habitats de poissons prédateurs via la dispersion des adultes (Cook & Streams, 1984; McCauley & Rowe, 2010). Le Zooplancton est la proie préférentielle de *Gambusia* (Arthington, 1989). Enfin, le poisson et les Notonectidés peuvent également influencer indirectement sur les traits de vie à travers la libération de kairomones et donc modifier la dynamique des proies (Chakri *et al.*, 2010). Tous ces facteurs peuvent conduire à la décimation des espèces de *Notonecta* dans les sites étudiés. Les travaux de Fernandez (1989) montre que certains Hémiptères (*Microvelia*, *Notonecta*) ainsi que les larves de rainettes ont disparu dans les étangs contenant des poissons, et souvent abondantes dans les étangs de contrôle (dépourvue de *Gambusia*). Aussi, Ahmed (2012) a confirmé que les Coléoptères sont des prédateurs des Hémiptères. En revanche, notre étude a indiqué que les Corixidés sont moins vulnérable à la prédation des *Gambusia*. Considérant que les Notonectidés sont carnivores, ce qui peut accroître leur vulnérabilité à la compétition avec les *Gambusias* pour les proies. La place qu'occupent les Corixidés dans un groupe fonctionnelle spécifique d'alimentation est une question en suspens (Hädicke *et al.*, 2017). L'impact de *Gambusia holbrooki* est également important et non moins bien connu.

Les Corixidés ont été traditionnellement considérés comme des racleurs organiques (Hutchinson, 1993) mais les travaux récents indiquent qu'ils peuvent occuper différentes niches trophiques comme prédateurs dans les zones littorales et pélagiques. En outre, ils peuvent occuper également des substrats benthiques comme omnivores (Hädicke *et al.*, 2017). Leurs besoins spécifiques en matière d'habitat et de micro-habitat leur confèrent le rôle d'indicateurs appropriés de la qualité de l'eau des lacs (Savage, 1982). La composition et la diversité des espèces de Corixidés peuvent varier en fonction du substrat, du contenu organique, de la conductivité de l'eau, de couverture végétale et de l'hydropériode (Savage, 1982; Tully *et al.*, 1991; Bloechl *et al.*, 2010).

En effet, il existe certaines preuves que les Corixidés sont moins prédatés par les poissons que les Notonectidés (Mura *et al.*, 1984). En raison de la forme particulière de leur tête, *Gambusia* s'alimentent principalement en surface (Dirnberger & Love, 2016) ce qui peut rendre les Corixidés moins sensibles en raison de leur comportement d'espèces vivants dans les fonds. Fait intéressant, les espèces de surface comme *Gerris thoracicus* et *Mesovelia vittigera* ont été extirpés des étangs dans les dernières étapes de l'étude. Des exceptions notables de la vulnérabilité relative des Corixidés vis à vis de *Gambusia* sont la petite taille comme *Hesperocorixa linnaie* et, dans une moindre mesure, *Hesperocorixa furtiva*. Il est connu que les sécrétions des glandes odorantes de certains Corixidés peuvent conférer une dissuasion efficace contre la prédation (Kovac & Machwitz, 1991).

Malheureusement, les macroinvertébrés ne sont pas les seuls organismes aquatiques susceptibles de connaître un déclin important dans la Numide. Une enquête sur les amphibiens du nord-est de l'Algérie a indiqué un déclin précipité du triton algérien *Pleurodeles poireti* (Samraoui *et al.*, 2012).

Une série de facteurs peuvent être à l'origine du déclin mondial chez les amphibiens (Stuart *et al.*, 2004), mais un certain nombre d'études ont démontré que les Gambusies sont des prédateurs des œufs et des larves posant ainsi une menace sérieuse pour ce groupe (Goodsell & Kats, 1999; Komak & Crossland, 2000).

6. 2. Empiètement humain et ruissellement agricole

Les cartes Land Use and Land Cover (*LULC*) basées sur Earth Observation (EO) ont montré que l'agriculture autour des sites d'étude ont augmenté de façon marquée au cours des trois dernières décennies. Cette expansion des cultures spéculatives (melons d'eau, arachides) a permis une plus grande exploitation des eaux souterraines et une utilisation sans restriction de pesticides. En outre, la zone d'étude est située à proximité de l'une des régions les plus industrialisée en Algérie avec de nombreux complexes industriels et des plantes libérant de fortes charges d'oligo-éléments dans l'atmosphère et un réseau hydrologique.

Les niveaux élevés de traces d'éléments (Cd, Pb) ont été trouvés dans des organismes aquatiques habitant le principal oued drainant le nord-est Algérien (Abdenour *et al.*, 2000; Belabed *et al.*, 2017).

Basé sur la conductivité de l'eau enregistrée et l'absence des proliférations d'algues, rien n'indique que les sites d'étude aient souffert d'excès de matière organique provenant d'engrais utilisés sur les cultures. En revanche, il existe un usage répandu de pesticides dans la région où la protection des plantes est essentiellement grâce à l'utilisation sans restriction d'insecticides, de fongicides et d'herbicides (Mebdoua *et al.*, 2017). Malheureusement, malgré les effets néfastes connus du ruissellement agricole sur la santé humaine et environnementale (Richter, 2002; Berenzen *et al.*, 2005; Rasmusen *et al.*, 2012), la réglementation algérienne est souvent non appliquée et de nombreux pesticides (lindane, hexachlorocyclohexane, etc.), interdits ailleurs, sont toujours utilisés (Alamir *et al.*, 1984). L'impact anthropique pèse énormément sur l'équilibre des écosystèmes et certains groupes d'hémiptères comme les *Gerris* sont considérés comme d'excellents "bioindicateurs", leur mode de vie les rendant particulièrement sensibles aux pollutions, notamment à celles touchant la surface des eaux (Annani *et al.*, 2012).

Pour aggraver les choses, il y a une non-conformité généralisée avec les concentrations prescrites et applications de fongicides considérés comme des biocides généraux (Maltby *et al.*, 2009). Une autre cause de grave préoccupation est l'effet synergique des fongicides sur les organismes non ciblés en présence d'insecticides (Nørgaard & Cedergreen, 2010) ou sous des températures élevées (Müller *et al.*, 2012). Les eaux de ruissellement et la contamination par le métal peuvent nuire au développement des organismes aquatiques et modifier la stabilité du réseau alimentaire et la fonction de l'écosystème (Järup, 2003).

De plus, les données basées sur l'OE ont montré que la couverture végétale a considérablement diminué autour des sites d'étude. Une partie du maquis (végétation de garrigue) a été convertie en parcelles cultivées, mais le surpâturage peut également avoir joué un rôle clé dans ce processus. En outre, sans restriction, l'accès aux zones riveraines des étangs par le pâturage du bétail peut être coûteux et perturbe la végétation à travers le piétinement et la diminution de la qualité de l'eau (Clark, 1998; Nader *et al.*, 1998). Ces facteurs peuvent entraîner la perte de ressources aquatiques, la biodiversité et des changements dans la structure et le fonctionnement de la communauté (Fleischner, 1994).

Par exemple, les étangs fortement pâturés peuvent héberger une plus faible abondance d'Hémiptères aquatiques, probablement par l'effet indirect de la réduction de la couverture végétale qui peut servir de refuge spatial (Bloechl *et al.*, 2010). Selon Vanden-Bossche (2005), les altérations des milieux provoquent des modifications plus ou moins rapides et accentuées de l'édifice biologique. Les facteurs anthropiques dégradent et perturbent le fonctionnement de zones humides (Karrouch & Chahlaoui, 2009; Belgharbi & Benabdeli, 2011).

6. 3. Changement climatique

Le changement global, singulièrement le réchauffement climatique et l'augmentation de la fréquence des évènements extrêmes, affecte les écosystèmes (Barry *et al.*, 1995; Southward *et al.*, 1955; Petchey *et al.*, 1999; Hughes, 2000; Walther *et al.*, 2002).

Le changement climatique actuel est très nettement conditionné par le développement exponentiel des activités humaines et surpasse largement les frontières de la variabilité naturelle (Karl & Treberth, 2003). Une augmentation soutenue des températures à travers l'Algérie au cours des quatre dernières décennies, a été démontrée dans de nombreuses études (Achite & Ouillon, 2016; Zeroual *et al.*, 2017). L'Afrique du Nord devrait également connaître une chaleur croissante, les extrêmes qui devraient s'accélérer et être associés avec une augmentation de température supérieure à 6 ° C à la fin de ce siècle (Lelieveld *et al.*, 2016). Les modifications des précipitations et les climats extrêmes peuvent affecter le développement et la survie des macroinvertébrés, sujets à la sécheresse et des prédateurs dominant avec des répercussions sur les structures et fonctions de la communauté (Wellborn *et al.*, 1996; Dossena *et al.*, 2012).

Le deuxième cycle à Garaet Estah était un exemple typique des changements de la structure de la communauté qui survient après une sécheresse et une éradication des poissons prédateurs. L'effondrement de la richesse en espèces des étangs étudiés est cohérent avec les études sur l'effet du réchauffement climatique sur les écosystèmes qui présentent une perte disproportionnée d'espèces dans les niveaux trophiques supérieurs (Petchey *et al.*, 1999).

Bien que des hypothèses sur les processus conduisant les réactions au réchauffement des communautés naturelles sont controversées (O’Gorman *et al.*, 2017).

L’augmentation des températures pourrait diminuer la quantité d’oxygène dissous dans les eaux de surface (Carpenter *et al.*, 2011) ou affectent la structure et la stabilité des réseaux alimentaires en modifiant l’interaction prédateur-proie par des changements du rapport entre la taille du prédateur et la taille de la proie (Shurin *et al.*, 2012; Gibert & DeLong, 2014; Tunney *et al.*, 2014).

6. 4. Conservation

Les impacts anthropiques affectent la structure et la fonction des écosystèmes à l’échelle mondiale (Biesmeijer *et al.*, 2006; Pereira *et al.*, 2010). De même, les écosystèmes nord-africains sont confrontés à de multiples facteurs de stress qui érodent régulièrement leur diversité et notre étude confirme et complète les précédentes études similaires qui ont mis en évidence la magnitude des activités humaines touchant les zones humides nord-africaines (Samraoui *et al.*, 1992, 2012; Bélair & Samraoui, 1994). Cette constatation soulève des préoccupations pour la conservation de ces écosystèmes vulnérables. La perte de la biodiversité peut conduire à des écosystèmes simplifiés qui peuvent à leur tour affecter négativement le fonctionnement de l’écosystème en terme de stabilité et productivité (Pimm *et al.*, 1995; Vitousek *et al.*, 1997). Parce que les modifications des processus écosystémiques peuvent nuire aux services fournis par les écosystèmes, ils peuvent impacter les êtres humains (Farley & Costanza, 2010).

L’effondrement soudain de la biodiversité relevée dans les études des étangs suscite de vives inquiétudes comme le Lac Bleu, seul site permanent de zone humide algérienne, unique par ses populations rares et reliques des organismes aquatiques.

Le Lac Bleu était en particulier pendant des décennies, le seul sanctuaire d’*Urothemis edwardsii*, une espèce Afrotropicale relique de Libellule répertoriée dans la catégorie en danger critique d’extinction des listes rouges nord-africaines et méditerranéennes de l’UICN (Samraoui, 2018). Les autres espèces rares et menacées incluent *Acisoma inflatum*, une autre Libellule reliquat afrotropicale, *Aphanius fasciatus*, *Pseudophoxinus callensis*, un poisson

endémique à nageoires rayonnées, et le relique afrotropical Belostomatidés *Hydrocyrius columbiae*.

Notre étude met en évidence la formelle mais assez inefficace protection fournie aux zones humides d'importance internationale en les incluant dans les parcs nationaux, les réserves du programme sur l'homme et la biosphère de l'UNESCO (MAB) ou en les désignant comme sites Ramsar.

La mesure urgente et nécessaire à prendre pour atténuer ce déclin brutal de la biodiversité (causé par l'empiétement humain, la pollution, le surpâturage, les espèces envahissantes, etc.) est une surveillance à long terme de ces zones humides et une gestion rationnelle de notre environnement à travers des lois applicables sur le terrain.

En outre, les futures recherches devraient approfondir le potentiel impact des pesticides et les changements globaux sur les populations vulnérables des habitats comme les dunes et les étangs temporaires qui sont les plus vulnérables aux prélèvement d'eau, drainage, agriculture proche des bassin versant et l'urbanisation incontrôlée. En raison de leur petite taille, l'empiétement humain rend les étangs particulièrement exposés au captage d'eau, les rejets d'eaux usées et les eaux de ruissellement agricoles. En particulier, la présence et la concentration de pesticides doivent être étudiées en détails pour les étangs étudiés. Les autres menaces incluent les espèces envahissantes, telles que *Gambusia*, qui menace la biodiversité des eaux douces et qui passe souvent inaperçue (Haiahem *et al.*, 2017).

Conclusion

L'analyse de 219 échantillons effectués dans quatre étangs dunaires de la Numidie orientale entre juin 1996 et novembre 2013 a permis de tirer les conclusions suivantes:

22497 individus de la faune aquatique ont été regroupés en cinq classes (les Arthropodes avec 81%, les Chordates avec 14%, les Mollusques avec 4% et les Annélides avec 1%) et 12 ordres.

Les Hémiptères est l'ordre le plus diversifié et le plus abondant pendant la période d'étude.

Les 7418 individus d'Hémiptères identifiés appartiennent à 18 espèces divisées en 12 genres et 8 familles, à savoir Corixidae (7 espèces), Notonectidae (4 espèce), Nepidae (2 espèces), Gerridae (1 espèce), Pleidae (1 espèce), Naucoridae (1 espèce), Mesoveliidae (1 espèce) et Belostomatidae (1 espèce).

L'espèce la plus abondante est *Plea minutissima* (3284 individus) et G. Dakhla est le site caractérisé par le maximum d'espèces identifiées (17 espèces) que les autres sites (Saulaie, G. Estah et le Lac Bleu ont 15,14 et 13 espèces, respectivement). Cette étude a révélé une abondance élevée et une richesse spécifique d'Hémiptères aquatiques maximale au printemps. La richesse et l'abondance spécifique observées sont faibles durant les périodes estivales. Le site G. Dakhla est le site le plus abondant, suivi de G. Estah et de la Saulaie. Lac Bleu est le site le plus pauvre en abondance et en richesse spécifique.

Cette diversité et cette distribution sont étroitement liées à un ensemble de facteurs tels que l'hydropériode, la profondeur de l'eau, la température et la prédation par *Gambusia holbrooki*. Cependant, l'impact anthropique sur toutes les zones humides met en péril tout le patrimoine algérien, ce qui nécessite des mesures urgentes de conservation.

Les influences humaines sur la richesse aquatique sont diverses. En effet les modifications des propriétés physico-chimiques des étangs dunaires ont des conséquences sur la quantité et la qualité de l'eau. De même, la fragmentation et la dégradation peuvent causer de graves problèmes sur les populations aquatiques de milieux vulnérables.

L'Afrique du Nord est une zone relativement aride et les dépressions dunaires sont des écosystèmes aquatiques rares qui sont des sanctuaires pour des populations menacées, endémiques et reliques de plantes aquatiques et d'invertébrés. Ces points chauds de la biodiversité aquatique sont sérieusement menacés par toute une série de facteurs anthropiques. Ces facteurs de stress épuisent rapidement les communautés animales et perturbent la structure et le fonctionnement de milieux très vulnérables.

La surveillance sur une période de 17 ans de quatre dépressions dunaires dans le nord-est de l'Algérie suggère fortement que les poissons exotiques, les ruissellements, et une élévation de température sans équivoque, a conduit à une perte marquée d'espèces et à une diminution brutale de l'abondance des assemblages d'Hémiptères aquatiques. Ces changements alarmant ne peuvent pas être ignorés et ils devraient inciter les responsables à prendre des mesures de gestion urgentes afin de mettre un terme à la dégradation rapide de la biodiversité en Afrique du Nord.

Résumés

Résumé

Dans les zones arides de l'Afrique du Nord, les étangs de dunes peuvent être considérés comme des points chauds de la biodiversité aquatique, offrant de nombreux services écosystémiques durables. Malgré les pressions anthropiques croissantes qui menacent leur intégrité, les conséquences globales de ces changements restent à documenter et aucune stratégie d'atténuation des impacts potentiels n'a été mise en œuvre. Pour cela, cette étude a pour objectif d'enrichir les connaissances sur les dépressions dunaires par le biais de l'étude de l'un des pans de sa biodiversité, à savoir les macroinvertébrés.

Des visites hebdomadaires ont été effectuées dans quatre étangs dunaires dans le Nord-Est de l'Algérie pendant une période de cinq cycles entre juin 1996 et novembre 2013. Au total, 18 espèces d'Hémiptères aquatiques appartenant à 12 genres et 8 familles ont été identifiées dans les 4 sites étudiés. L'analyse a révélé une forte baisse de la richesse en espèces (47 %) et une forte augmentation de l'abondance (94 %) au cours de la période étudiée. Les données basées sur la télédétection ont indiqué que les changements induits par l'homme dans et autour de ces étangs dunaires ont entraîné, au fil du temps, une expansion substantielle des zones bâties et parcelles cultivées et une réduction des habitats naturels des terres humides et des terres arides. La prédation par le poisson introduit, *Gambusia holbrooki*, peut avoir des effets directs et indirects sur les Notonectidés.

Nous soutenons que les Hémiptères aquatiques ont subi une réduction alarmante entraînée par une combinaison d'espèces envahissantes, d'empiétement humain, de ruissellement agricole et, éventuellement, changement climatique.

Mots clés : Hémiptères aquatiques, *Gambusia holbrooki*, zones humides, changement climatique, services d'écosystème, biodiversité, conservation, étangs dunaires.

Abstract

In the arid zones of North Africa, dune ponds can be considered as hotspots for aquatic biodiversity, offering many sustainable ecosystem services. Despite the increasing anthropogenic pressures that threaten their integrity, the overall consequences of these changes remain to be documented and no mitigation strategy for potential impacts has been implemented. For this purpose, this study aims to enrich knowledge about dune depressions through the study of one of the parts of its biodiversity, namely macroinvertebrates.

Weekly visits were made to four dune ponds in northeastern Algeria during a five-cycle period between Jun 1996 and November 2013. In total, 18 species of aquatic Hemiptera belonging to 12 genera and 8 families were identified in the four sites studied.

The analysis revealed steep decline in species richness (47%) and abundance (94%) over the study period. Remote sensing-based data indicated that marked human-induced changes in and around these dune ponds have over time led to a substantial expansion of built area sand cultivated plots and a reduction in both natural wet- and dry-land habitats. Fish predation by the introduced fish, *Gambusia holbrooki*, may have had both direct and indirect impacts on Notonectids.

We argue that aquatic Hemiptera ns have undergone an alarming reduction driven by a combination of invasive species, human encroachment, agricultural runoff, and possibly, climate change.

Keywords: Aquatic Hemiptera, *Gambusia holbrooki*, wetlands, climate change, ecosystem services, biodiversity, conservation, dune ponds.

ملخص

في شمال إفريقيا القاحلة، تعتبر أحواض الكثبان الرملية بمثابة مناطق ساخنة للتنوع البيولوجي المائي، حيث تقدم العديد من خدمات النظم الإيكولوجية المستدامة. على الرغم من الضغوط البشرية المتزايدة التي تهدد سلامتها، لم يتم توثيق الآثار العامة لهذه التغييرات ولم يتم تنفيذ أي إستراتيجية للتخفيف من الآثار المحتملة. لهذا الغرض تهدف هذه الدراسة إلى إثراء المعرفة حول منخفضات الكثبان الرملية من خلال دراسة أحد مكونات تنوعها البيولوجية، وهي اللاقاريات الكبيرة (Les macroinvertébrés).

رصدنا أربعة أحواض الكثبان الرملية في شمال شرق الجزائر خلال دورات هيدرولوجية التي امتدت من جوان 1996 إلى نوفمبر 2013. كشف التحليل انخفاض حاد في ثراء الأنواع (47٪) ووفرة (94٪) خلال فترة الدراسة. وقد تم تحديد ما مجموعه 18 نوعاً من Hemiptera المائية التي تنتمي إلى 12 جنس و8 عائلات في المواقع الأربعة التي شملتها الدراسة.

أشارت البيانات المستندة إلى الاستشعار عن بعد إلى أن التغييرات التي تحدث بفعل الإنسان في أحواض الكثبان الرملية وما حولها أدت بمرور الوقت إلى توسع كبير في الأراضي الرملية المبنية والمزروعة وتراجع المواطن الطبيعية للأراضي الرطبة والجافة. قد يكون للافتراض بواسطة للسمكة المدخلة، *Gambusia holbrooki*، تأثيرات مباشرة وغير مباشرة على صنف الحشرات Notonectidés.

كما أننا نؤكد أن حشرات نصفيات الجناح المائية Hemiptera قد شهدت انخفاضاً مثيراً للقلق بسبب مزيج من العوامل: الأنواع الغازية، الزحف البشري، الجريان السطحي للزراعة وربما تغير المناخ.

الكلمات المفتاحية: نصفيات الجناح المائية *Gambusia holbrooki* تغير المناخ، خدمات النظام البيئي، الحفظ، التنوع البيولوجي، أحواض الكثبان الرملية.

Références bibliographiques

- Abdennour, C., Smith, B. D., Boulakoud, M. S., Samraoui, B. & Rainbow, P. S. (2000).** Trace metals in marine, brackish and freshwater prawns (Crustacea, Decapoda) from northeast Algeria. *Hydrobiology*, 432: 217-227
- Achite, M. & Ouillon, S. (2016).** Recent changes in climate, hydrology and sediment load in the Wadi Abd, Algeria (1970–2010). *Hydrology Earth System Science*, 20: 1355-1372
- Aguesse P., Dakki, M. (1982).** Les Hétéroptères aquatiques du Maroc. Inventaire commenté. *Bulletin de l'Institut Scientifique Rabat*, 6: 125-138
- Ahmed, N. (2012).** Bionomics of *Pollinia pollini* (Csta) (Hemiptera: Asterolecanidae) in Egypt. *The journal of Basic Applied Zoology*, 65: 9-16
- Alamir, B., Venant, A. & Bac, L. R. (1984).** Evaluation of pollution levels by analysis of the pesticide residues in Algerian sheep. In: Chambers PL, Preziosi P, Chambers CM Disease, metabolism and reproduction in the toxic response to drugs and other chemicals. *Archives of Toxicology (Supplement)*. Springer Berlin, 7: 451–452
- Andersen, N. M. & Polhemus, J. T. (1976).** Water striders in "Marine Insects". North Holland Publication C°: 187-224
- Angélibert, S., Indermuehle, N., Luchier, D., Oertli, B. & Perfetta, J. (2006).** Where hides the aquatic biodiversity in the Canton of Geneva (Switzerland). *Archive des Sciences*, 59: 225-234
- Angelier, E. (2000).** *Ecologie des eaux courantes*. Edition technique et document.
- Annani, F., Alfarhan, A. H. & Samraoui, B. (2012).** Aquatic Hemiptera of northeastern Algeria: distribution, phenology and conservation. *Revue Ecology Terre et Vie*, 67: 1-13
- Annani, F. (2013).** *Essai de biotypologie des zones humides du constantinois*. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba.
- Arthington, A. H. (1989).** Diet of *Gambusia affinis holbrooki*, *Xiphorus helleri*, *X. maculatus* and *Poecillia reticulata* (Pisces: Poeciliidae) in Streams of south-eastern Queensland, Australia. *Asian Fishes Science*, 2: 193-212

- Aubert, J. (1956).** Contribution à l'étude des Plécoptères de Grèce. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 29: 187-213
- Aukema, B. & Rieger, C. (1995).** Catalogue of the Heteroptera of the Palearctic Region. The Netherlands Entomological Society.
- Bagnouls, F. & Gaussen, H. (1957).** Les climats biologiques et leurs classifications. *Analyses Géographiques France*, 355: 193-220
- Barbault, R. G. (1981).** Ecologie des populations et des peuplements. Des théories aux faits. Masson Paris.
- Barbour, M. T. & Gerritsen, J. (1996).** Subsampling of benthic samples: A defense of the fixed count method. *Journal of the North American Benthological Society*, 3: 386
- Barbour, M. T., Gerritsen, J., Snyder, B. D. & Stribling, J. B. (1999).** Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. Environmental Protection Agency Washington, 841: 99-002
- Barry, J. P., Baxter, C. H., Sagarin, R. D. & Gilman S. E. (1995).** Climate related long-term faunal changes in California rocky intertidal community. *Science*, 267: 672-675
- Batzer, D. P. & Wissinger, S. A. (1996).** Ecology of insect communities in nontidal wetlands. *Annual Review of Entomology*, 41: 75-100
- Bayed, A. & Bazairi, B. (2008).** Variations interannuelles de la macrofaune benthique des substrats meubles de la baie d'Oued Laou (Mer d'Alboran, Maroc). Analyse multidisciplinaire pour une gestion durable. *Travaux de l'Institut Scientifique Rabat*, 5: 99-106
- Bedouh, Y. (2014).** Evaluation de la toxicité des eaux usées traitées par la station d'épuration de Guelma et son impact sur l'origanon «*Allium cepa*». Thèse de Doctorat Université Badji Mokhtar Annaba.
- Belabed, B. E., Meddour, A., Samraoui, B. & Chenchouni, H. (2017).** Modeling seasonal and spatial contamination of surface waters and upper sediments with trace metal elements across industrialized urban areas of the Seybouse watershed in North Africa. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189: 265

- Bélaïr, G. de. (1990).** Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre écosystèmes lacustres et marécageux (El-Kala, Est Algérien). Thèse de Doctorat Université Montpellier II de science et technologie Languedoc.
- Bélaïr, G. de & Samraoui, B. (1994).** Death of a lake: Lac Noir in Northern Algeria. *Environmental Conservation*, 21: 169-172
- Belgharbi, B. & Benabdeli, K. (2011).** Identification de quelques indicateurs écologiques de gestion de la zone humide. *Revue d'Ecologie et Environnement*, 7: 1-13
- Benchalel, W., & B. Samraoui. (2012).** Caractérisation écologique et biologique de l'odonatofaune de deux cours d'eau méditerranéens: l'oued El-Kébir et l'oued Bouaroug (Nord-Est de l'Algérie). *Méditerranés*, 118: 19-27
- Benhoussa, A., Dakki, M., Qninba, A. & El Agbani, A. (1999).** Habitats d'un site Ramsar côtier du Maroc, la merja Zerga. Approches typologique et cartographique. *Humedales Méditerranés*, 11: 75-82
- Benmoussa, A., Chahlaoui, A., Rour, E. & Chahboune, M. (2014).** Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des eaux superficielles de l'oued khoumane Moulay idriss Zerhoun, Maroc. *Environnement Society*, 5: 183-198
- Benslimane, N. Chakri, k., Haiahem, D., Guelmami, A., Samraoui, F., Samraoui, B. (2019).** Anthropogenic stressors are driving a steep decline of hemipteran diversity in dune ponds in north-eastern Algeria. *Journal of Insect Conservation* <https://doi.org/10.1007/s10841-019-00133-1>.
- Benyacoub, S. & Chabi, Y. (2000).** Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National El-Kala. Composition, statut de répartition. Synthèse n : 7 Juin 2000. *Revue des Sciences et Technologie*, Université Annaba.
- Berenzen, N., Kumke, T., Schulz, H. K. & Schulz, R. (2005).** Macroinvertebrates community structure in agricultural streams: impact of runoff-related pesticide contamination. *Ecotoxicology Environmental Safety*, 60: 37-46
- Berrahou, A., Cellot B. & Richoux P. (2001).** Distribution longitudinale des macroinvertébrés benthiques de la Molaya et de ses principaux affluents (Maroc). *Limnologies*, 37: 223-235
- Bertrand, H. (1972).** Larves et nymphes des Coléoptères aquatiques du globe. Paillart Paris.

- Biesmeijer, J. C., Roberts, S., Reemer, M. et al. (2006).** Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 31: 351-354
- Bigot, L. & Bodot, P. (1973).** Contribution à l'étude biocénotique de la garrigue à *Quercus coccifera*. Composition biotique du peuplement des invertébrés. *Vie et Milieu*, 3: 294-295
- Bilton, D. T., Freeland, J.R. & Okamura, B. (2001).** Dispersal in freshwater invertebrates. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32: 159-181
- Bilton, D. T., McAbendroth, L. C., Nicolet, P., Bedford, A., Rundle, S. D., Foggo, A. & Ramsay, P. M. (2009).** Ecology and conservation status of temporary and fluctuating ponds in two areas of Southern England. *Aquatic Conservation*, 19: 134–146
- Bloechl, A., Koenemann, S., Phillippi, B. & Melber, A. (2010).** Abundance, diversity and succession of aquatic Coleoptera and Heteroptera in a cluster of artificial ponds in the North German Lowlands. *Limnologia*, 40: 215–225
- Blondel, J. (1975).** L'analyse des peuplements d'oiseaux, éléments d'un diagnostic écologique. La méthode des échantillonnages fréquentiels progressifs. *Ecologie Terre et Vie*, 4: 533 – 589
- Blondel, J. (1979).** Biogéographie et écologie. Masson Paris.
- Boix, D., Sala, J. & Moreno-Amichi, R. (2001).** The faunal composition of Espolla pond (NE Iberian Peninsula): the neglected biodiversity of temporary waters. *Wetlands*, 21: 577-592
- Botsford, L.W., Vondrace, K. B., Wainwright, T. C., Linden, A. L., Kope R. G., Reed, D. E. & Cech, J. (1987).** Population development of the Mosquitofish, *Gambusia affinis*, in rice fields. *Environment Biology Fish*, 20: 143-154
- Bouchelouche, D., Kherbouche-abrous, O., Mebarki1, M., Arab, A. & Samraoui, B. (2015).** The Odonata of Wadi Isser (Kabylia, Algeria): Status and environmental determinants of their distribution. *Terre et Vie*, 70: 248-260
- Boudot, J.-P., Kalkman, V. J., Azpilicueta Amorin, M., Bogdanovic, T., Cordero Rivera, A., Degabriele, G., Dommanget, J. L., Ferreira, S., Garrigos, B., Jovic, M., Kotarac, M., Lopeau, W., Marinov, M., Mihokovic, N., Riservato, E., Samraoui, B.**

- & Schneider, W. (2009).** Atlas of the Odonata of the Mediterranean and North African libellula, 9: 1-256
- Bouzidi, A. & Gaudicelli, J. (1994).** Ecologie et distribution des macroinvertébrés des eaux courantes du Haut-Atlas Marocain. *Revue de Science Marocaine*, 8: 23-43
- Brinson, M. M. & Malvárez, A. I. (2002).** Temperate freshwater wetlands: types, status, and threats. *Environment Conservation*. 29: 115-133
- Bunn, S. E. (2016).** Grand challenge for the future of freshwater ecosystems. *Front. Environment Society*. 4: 21
- Cardoso, P., Erwin T. L., Borges, P. A. V. & New, T. R. (2011).** The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them? *Biology Conservation*, 144: 2647-2655
- Carpenter, S. R., Stanley, E. H. & Vander, Zanden, M. J. (2011).** State of the World's freshwater ecosystems: physical, chemical, and biological changes. *Annual Review of Environment and Resource*, 36: 75-99
- Casado, S. & Montes, C. (1995).** Guide des lacs et des zones humides de Español. Rayero, Madrid.
- Cech, J. J., Massingill, J. M. Vondracek, B. & Linden, A. L. (1985).** Respiratory metabolism of Mosquitofish, *Gambusia affinis*: effects of temperature, dissolved oxygen and sex difference. *Environmental Biology of Fishes*, 13: 297-307
- Céréghino, R., Boix, D., Cauchie, H. M., Martens, K., & Oertli, B. (2014).** The ecological role of ponds in a changing world. *Hydrobiology*, 723: 1-6
- Chaib, J. (1997).** Les mares entre culture et nature. *Le courrier de la nature : Spécial mares*. La Société Nationale de Protection de la Nature (France).
- Chakri, K., Touati, L., Alfarhan, A. H., Al-Rasheid, K. A. S., Samraoui, B. (2010).** Effect of vertebrate and invertebrate kairomones on the life history of *Daphnia magna* Straus (Crustacea: Branchiopoda). *Comptes rendus Biologie*, 333: 836-840

- Chavanon, G., Berrahou, A. & Millán, A. (2004).** Apport à la connaissance des Coléoptères et Hémiptères aquatiques du Maroc oriental : catalogue faunistique. *Sociedad Entomologica Aragonsa*, 35: 143-162
- Chessel, D. & Bournaud, M. (1987).** Progrès récent en analyse des données écologiques. Communication au 4^{ème} colloque de l'AFIE « La gestion des systèmes écologiques».
- Chessman, B. C. (1995).** Rapid assessment of rivers using macroinvertebrates: a procedure based on habit-specific sampling, family level identification and a biotic index *Australian journal of biology*, 20: 122-9
- Chokri, M. A., Sadoul, N., Medhioub, K. & Béchet, A. (2008).** Analyse comparative de la richesse avifaunistique du salin de Sfax dans le contexte tunisien et Méditerranéen. *Ecologie*, 63: 351-369
- Clark, EA. (1998).** Landscape variables affecting livestock impacts on water quality in the humid temperate zone. *Canadian Journal of Plant Science*, 78: 181-190
- Combelle, J., & Reec, B. (2004).** Adaptation et révision scientifique de Richard. Mthier.
- Conrad, K. F., Warren, M. S., Fox, R., Parsons, M. S. & Woiwod, I. P. (2006).** Rapid declines of common, widespread British moths provide evidence of an insect biodiversity crisis. *Biology Conservation*, 132: 279-291
- Cook, W. L. & Streams, F. A. (1984).** Fish predation on *Notonecta* (Hemiptera): relationship between prey risk and habitat utilization. *Ecologia*, 64: 177-183
- Costa, L. T., Farinha, J. C., Hecher, N. & Tomas, P. (1996).** Inventaire des zones humides méditerranéennes : manuel de références. *Med Wet*, Vol. I.
- Cowardin, L. M., Carter, V., Golet, F. C. E. T., Laroe, E. T. (1979).** Classification of wetlands and deep-water habitats of the United States. *United States Fish and Wildlife Service*. 13
- Daget, J. (1976).** Les modèles mathématiques en écologie, Masson Paris.
- Dajoz, R. (1975).** Précis d'écologie. Gauthier-Vilar 11. Paris

- Dajoz, R. (1985).** Précis d'écologie. Dunod. Paris.
- Dajoz, R. (2003).** Précis d'écologie. Cours et exercices résolus. Dunod. Paris.
- Dajoz, R. (2006).** Précis d'écologie. Cours et questions de réflexions. Dunod. Paris.
- Dakki, M. (1979).** Recherches hydrobiologiques sur un cours d'eau du Moyen-Atlas (Maroc). Thèse de Doctorat Aix-Marseille III.
- Dausse, A. (2006).** Dynamique de la végétation et des flux inter-systèmes d'un polder reconnecté à la mer. Eléments pour la restauration des fonctions écologiques d'un marais salé. Thèse de Doctorat Université de Rennes 1.
- Davies, B., Biggs, J., Williams, P., Whitfield, M., Nicolet, P., Sear, D., Bray, S. & Maund, S. (2008).** Comparative biodiversity of aquatic habitats in the European agricultural landscape. *Agriculture Ecosystems Environment*, 125: 1-8
- De Groot, R., Stuij, M., Finlayson, M. & Davidson, N. (2007).** Évaluation des zones humides. Orientations sur l'estimation des avantages issus des services écosystémiques des zones humides. Rapport technique Ramsar 3.
- Derradji N., Bouchelouche, D. & Moulaie, R. (2013).** Place des oiseaux d'eau dans le fonctionnement de deux zones humides continentales, Zehrez chergui et zehrez Gharbi (wilaya de Djelfa). The international congress of the populations of animal communities « Dynamics and biodiversity of the terrestrial and aquatic Ecosystem (Bechar) – Algeria, 19-21: 399-409
- Dethier, (1985).** Introduction à la systématique des organismes des eaux françaises. Insectes. Les Hétéroptères aquatiques. Bulletin de Société Limnologie Lyon, 10, 1 et 6
- Dethier, M. (1985-1986).** Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. Insectes. Hétéroptères aquatiques et rupicoles (genres et principales espèces). Association française de limnologie.
- Dirnberger, J. M. & Love, J. (2016).** Seasonal specialization and selectivity of the Eastern Mosquitofish, *Gambusia holbrooki*, toward planktonic prey. *Southeast National*, 15: 138-152
- Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N. J. & Collen, B. (2014).** Defaunation in the anthropocene. *Science*, 345: 401-406

- Djebbari, N., Boudjadi, Z. & Bensouilah, M. (2009).** Infestation de languille *Anguilla anguilla* L., 1758 par le parasite *anguilicola Crassus crassus*, Niimi et Itagaki 1974 dans le complexe de zones humides d'El Kala, Nord Est algérien. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, 31: 45-50
- Dossena, M., Yvon-Durocher, G., Grey, J., Montoya, J. M., Perkins, D. M., Trimmer, M. & Woodward, G. (2012).** Warming alters community size structure and ecosystem functioning. Proceeding of the Royal Society of London Biological, 279: 30113-019
- Downing, J. A. (2010).** Emerging global role of small lakes and ponds: little things mean a lot. Limnetica, 29: 9-4
- Dramane, D., Yeves, K. B., Edia, O. E., Koffi, F., K., & Germain, G. (2009).** Diversité des Macroinvertébrés benthiques de la rivière Agnéby (Cot d'Ivoire; Afrique de l'Ouest. European Journal of Scientific Research, 35: 368-377
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z., Knowler, D., Lévêque, C., Naiman, R. J., Prieur-Richard, A. H., Soto D., Stiassny, M. L. J. & Sullivan, C. A. (2006).** Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. Biological Reviews, 81: 163-182
- Dugan, P. J. (1992).** La conservation des zones humides. Problèmes actuels et mesures à prendre. Union Mondiale pour la nature.
- Duvignaud, P. (1980).** La synthèse écologique des climats. Recueil des travaux des Laboratoires de botanique, géologie et zoologie de la Faculté des sciences de l'Université de Montpellier. Série zoologique Montpellier, 7: 126-185
- Eckerlein, H., & Wagner, E. (1965).** Une contribution à la faune Héteroptères. Acta Musei Nationalis Pragae, 11: 195-244
- Emberger, L. (1955).** Une classification biogéographique des climats. Travaux de Laboratoire de Botanique Faculté de science. Montpellier, 7 : 3-43
- Engelardt, W., Jurging, P., Pfadenhauer, J. & Rehfeld, K. (1998).** La vie dans les étangs, les ruisseaux et les mares. Guide Vigot.

- Eyre, M. D. Carr, R. McBlane, R. P. & Foster. G. N. (1992).** The effects of varying site-water duration on the distribution of water beetle assemblages, adults and larvae (Coleoptera: Haliplidae, Dytiscidae, Hydrophilidae). *Hydrobiology*, 1: 124 281-291
- Farley, J. & Costanza, R. (2010).** Payments for ecosystem services: from local to global. *Ecological Economics*, 69: 2060-2068
- Faurie, C., ferra, C. & Medori, P. (1980).** *Ecologie*. Baillière Paris.
- Faurie, C., Ferra, C., Medori, P., Devaux, J., Hemptinne, J. L. (2003).** *Ecologie approche scientifique et pratique*. Lavoisier Paris.
- Ferchichi, B. J. H., Serge, D., Muller, A., Daoud-Bouattour Z., Ghrabi-Gammar, L., Rhazi, I., Soulie-Marsche, M., Oualiet & Ben Saad-Limam S. (2010).** Structures de la végétation et conservation des zones humides temporaires méditerranéennes: la région des Mogods (Tunisie septentrionale). *Comptes Rendus Biologies. Academy of Sciences*, 333: 265-279
- Fermignac, F., Lascaux, J. M., & Vandewalle, F. (2008).** Analyse des peuplements de macroinvertébrés benthiques sur les stations à Moules perlières (*Margaritifera margaritifera*) du Cousin. *Life Nature*, 82-68
- Fernandez, D. (1989).** Life history patterns of the Mosquitofish. *Gambusia affinis* the estuary of the Guadalquivir river of South West Spain *Freshwater Biology*, 22: 395-404
- Fleischner, T. L. (1994).** Ecological costs of livestock grazing in western North America. *Conservation Biology*, 8: 629-644
- Fustec, E. & Frochot B. (1996).** *Les fonctions et valeurs des zones humides*. Laboratoire Géologique Paris.
- Fustec, E. & Lefuever, J. C. (2000).** *Fonction et valeurs des zones humides*. Série environnement Dunod.
- Gagneur, J. & Gazeau M. (1988).** Les Simulies d'Algérie (Diptera : Simuliidae). I. Premières données biogéographiques et écologiques sur les espèces de l'Ouest algérien. *Annales de limnologie*, 24: 275-284

- Gagneur, J. & Allane, N., (1991).** Contribution à la connaissance des Plécoptères d'Algérie. In: Albatercedor, J. & Sanchez-Ortega, A. Overview and strategies of Ephemeroptera and Plecoptera. Sandhill Crane Press Gainesville USA, 34-323
- Gagneur, J., Gian, N. & Martinez-Ansemil, E. (1986).** Les Oligochètes aquatiques d'Algérie. Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse, 122: 119-124
- Gaujou, D. (1995).** Pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire. Technologie et Document Paris.
- Gauthier, H. (1928).** Nouvelles recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et la Tunisie. Minerva Alger.
- Gauthier-Lièvre, L. (1931).** Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Afrique du nord. Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord-algérien.
- Gehu, J. M., Kaobache, M. & Gharzouli, B. (1993).** Phytosociologie et typologie des rives des lacs de la région d'El-Kala (Algérie). Colloques phytosociologie XXII Syntaxonomie typologique des habitats Bailleul France, 298-309
- Gheit, A. (1994).** Recherches sur la bio-écologie de la faune Hémiptérologique aquatique marocaine Hydrocorises et Amphibicorises peuplant des Hydrosystèmes supralittoraux et continentaux. Thèse de Doctorat Université Mohammed V Rabat.
- Ghrab, J. & Bouattour, A. (1999).** Etude expérimentale de l'efficacité larvivoire de *Gambusia affinis Holbrooki* (Girard, 1859) (Poisson-Poeciliidae). Archives de l'Institut Pasteur de Tunis, 76: 33-38
- Gibbs, J. P. (1993).** The importance of small wetlands for the persistence of local populations of wetland-associated animals. Wetlands, 13: 25-31
- Gibert, J. P. & DeLong, J. P. (2014).** Temperature alters food web body-size structure. Biology Letters, 10: 20140473
- Goodsell, J. A. & Kats, L. B. (1999).** Effect of introduced Mosquitofish on Pacific Treefrogs and the role of alternative prey. Conservation Biology, 13: 921-924
- Green, A. J. (1996).** Analyses of globally threatened Anatidae in relation to threats, distribution, migration patterns and habitat use. Conservation Biology, 10: 1435-1445

- Grillas, P. & Roché, J. (1997).** Conservation des zones humides méditerranéennes : végétation des marais temporaires. Tour de Vala, 1271-8823
- Grimes, S. (2005).** Plan de gestion de l'aire marine du Parc National d'El Kala. (Wilaya d'El Tarf). Projet régional pour le développement d'aires protégées marines et côtières dans la région méditerranéenne.
- Hädicke, C. W., Rédei, D., Kment, P. (2017).** The diversity of feeding habits recorded for water boatmen (Heteroptera: Corixoidea) world-wide with implications for evaluating information on the diet of aquatic insects. *European Journal of Entomology*, 114:147–159
- Haiahem, D., Touati, L., Baaziz, N., Samraoui, F., Alfarhan, A. & Samraoui, B. (2017).** Impact of eastern Mosquitofish, *Gambusia holbrooki*, on temporary ponds: insights on how predation may structure zooplankton communities. *Zoology and Ecology*, 2165-8013. 1-10
- Hallmann, C. A., Sorg, M. & Jongejans, E. (2017).** More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLOS ONE* 12: e0185809 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>
- Hecher, N. & Tomas, P. (1995).** Statut de l'inventaire de toutes les zones humides de la région méditerranéenne. World Reference Base for Soil Resources.
- Hecher, N., Tomas, P., Costa L. T. & Farinha J. C. (1996).** Inventaire des zones humides méditerranéennes. Collecte de données. Publication Med Wet, Vol. II.
- Hellawell, J. M. (1986).** Biological indicators of Freshwater pollution and environmental management. Elsevier London.
- Hollis, G. E. (1992).** The causes of wetland loss and degradation in the Mediterranean. In: Finlayson CM, Davis Managing Mediterranean wetlands and their birds. International Waterfowl and Wetlands Research Bureau Slimbridge, 83-90
- Hughes, L. (2000).** Biological consequences of global warming: is the signal already apparent. *Trends in Ecology and Evolution*, 15: 56-61
- Hulbert S. T. & Mulla, M. S. (1981).** Impacts of Mosquitofish (*Gambusia affinis*) predation on plankton communities. *Hydrobiology*, 83: 125-151

- Hutchinson, G. E. (1993).** A treatise on limnology. V. 4. The zoobenthos. Y. H. Edmondson. John Wiley & Sons, New York .
- Hyghes, R. H. & Hyghes, J. S. (1992).** Répertoire des zones humides de l'Afrique. Union Internationale pour la Conservation de la Nature, Programme des Nations Unies pour l'Environnement et Content Management System.
- Jansson, A. (1977).** Micronectae (Heteroptera, Corixidae) as indicators of water quality in two lakes in southern Finland. *Annals Zoologici Fennici*, 14: 118-124
- Järup, L. (2003).** Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68: 167-182
- Karl, T. R. & Tremberth, K. E. (2003).** Modern global climate change. *Science*, 302: 1719-1723
- Karrouch, L., & Chahlaoui, A. (2009).** Bio-évaluation de la qualité des eaux de l'oued Boufekrane (Meknes, Maroc). *Biomatec Echo*, 3: 6-17
- Klecka, J. (2014).** The role of a water bug, *Sigara striata*, in freshwater food webs. *Peer J* 2.
- Komak, S. & Crossland, M. R. (2000).** An assessment of the introduced Mosquitofish (*Gambusia affinis holbrooki*) as a predator of eggs, hatchlings and tadpoles of native and non-native anurans. *European Journal of Wildlife Research*, 27: 185–189
- Kovac, D. & Machwitz, U. (1991).** The function of the metathoracic scent gland in Corixidae bugs (Hemiptera, Corixidae): secretion grooming on the water surface. *Journal of Natural History*, 25: 331-340
- Lamhasni, L., Chillasse, L., Abba, El. H., Haout, S. & El Madani, M. (2013).** Typologie des eaux de surface du bassin du Sebou par multi-approche : corrélation entre indice biologique global des réseaux de contrôle et de surveillance (IBG-RCS) et l'approche physicochimique et microbiologique. *Afrique Science*, 9: 35-49
- Laurant, Chazé. (2012).** L'observation des zones humides méditerranéennes un outil de gestion pour les zones humides méditerranéennes. *Surveillance environnementale et développement*, 96-110

- Legendre, L. & Legendre, P. (1979).** Ecologie numérique : la structure des données écologiques Tome I. Masson.
- Legendre, L. & Legendre, P. (1979).** Ecologie numérique : la structure des données écologiques Tome II. Masson.
- Lelieveld, J., Proestos, Y., Hadjinicolaou, P., Tanarhte, M., Tyrlis, E. & Zittis, G. (2016).** Strongly increasing heat extremes in the Middle East and North Africa in the 21st century. *Climate Chang*, 137: 245-260
- Lmohdi, O., EL Haissoufi, M. Bennis, N. & Millan. A. (2008).** Contribution à la connaissance des Héteroptères aquatiques du bassin versant Laou: Analyse multidisciplinaire pour une gestion durable. *Travaux de l'Institut Scientifique Rabat*, 5: 67-74
- Lounaci, A. & Vincon, G. (2005).** Les Plécoptères de la Kabylie du Djurdjura (Algérie) et Biogéographie des espèces d'Afrique du Nord (Plecoptera). *Ephemera*, 6: 109-124
- Lounaci, A., Brosse, S., Mouloud, S. A., Lounaci-Daoudi, D., Mebarki, M. & Thomas, A. (2000a).** Current knowledge of benthic invertebrate diversity in Algerian stream: a species check-list of the Sébaou river basin (Tizi Ouzou). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle Toulouse*, 136: 43-55
- Lounaci, A., Boosse, S., Thomas, A. & Lek, S. (2000b).** Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an Algerian stream: the Sébaou wadi. *Annal de Limnologie*, 36: 123-133
- Macmahon, J. A. (1981).** Successional processes: comparisons among biomes with special reference to probable roles of the influences on animals. *Forest successions Concepts and applications* springer-Verlag New York, 277-304
- Magurran, A. E. (1988).** Ecological diversity and its measurement. Croom Helm London.
- Malicky, H. & Lounaci, A. (1987).** Contribution à la taxonomie et à la faune des blocs de chariots de la Tunisie, de l'Algérie et du Maroc (Trichoptères). *Opuscula Zoologica Fluminensia*, 14: 1-20

- Maltby, L., Brock, T. C. & Van den Brink, P. J. (2009).** Fungicide risk assessments for aquatic ecosystems : importance of inter specific variation, toxic mode of action, and exposure regime. *Environmental Science Technology*, 43: 7556-7563
- Maman, L. & Vienne, L. (2010).** Les zones humides, un patrimoine remarquable. *Geosciences*, 68-77
- Marchant, R. (1986).** Some quantitative aspects of the life history of aquatic insects in temperate Australian rivers. *Limnology in Australia*, 151-158
- Margalef, R. (1951).** Diversité d'espèces dans les lacs Communida des naturels. *Institut Biologie Appliqué Barcelona*, 9: 5-27
- Mariano, P. (2006).** How can habitat selection affect the use of a wetland complex by waterbird? *Biodiversity and Conservation*, 15: 4569-4582
- McCauley, S. J. & Rowe, L. (2010).** *Notonecta* exhibit threat-sensitive, predator-induced dispersal. *Biology Letters*, 6: 449-452
- Mebdoua, S., Lazali, M., Ounane, SM., Tellah, S., Nabi, F. & Ounane, G. (2017).** Evaluation of pesticide residue in fruits and vegetables from Algeria. *Food Additives Contaminants Part B*, 10: 91-98
- Menzes, S., Baird, D. J. & Soares, A. M. (2010).** Beyond taxonomy: a review of macroinvertebrates trait-based community descriptors as tools for freshwater biomonitoring. *Journal of Applied Ecology*, 47: 711-719
- Mitchell, M., Bennett, E. M. & Gonzalez, A. (2013).** Linking landscape connectivity and ecosystem service provision: current knowledge and research gaps. *Ecosystems*, 16: 894-908
- Mitsch, W. J., Bernal, B., & Hernandez, M. E. (2015).** Ecosystem services of wetlands. *International Journal of Biodiversity Science*, 11: 1-4
- Moisan, J. & Pelletier, L. (2008).** Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec. Direction de suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement Durable de l'Environnement et des Parcs.

- Moisan, J., Gagnon, E., Laporte, Y., Baillargeon, J. P., Pelletier, L., Piedboeuf, N., Laporte, Y., Johanne, R., Cloutier, L., Deschamps, D., Génier, F. & André, M. (2008).** Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec. Dépôt légal-bibliothèque et archives nationales de Québec.
- Moorkens, E. A. (2000).** Conservation management of the Freshwater Pearl Mussel *Margaritifera margaritifera*. Part 2: Water quality requirements. Irish wildlife manuals, 9: 44
- Moubayed, J., Ait Mouloud, S. & Lounaci, A. (1992).** Les Chironomidae (Diptera) d'Algérie. Bassin de l'Oued Aissi (grande Kabylie). Entomology, 41: 21-29
- Moubayed, J., Lounaci, A. & Lounaci-daoudi, D. (2007).** Non-biting midges from Algeria, North Africa (Diptera, Chironomidae). Ephemera, 8: 93-99
- Morghad, F., Samraoui, F., Touati, L. & Samraoui, B. (2019).** The times they are a changin': impact of land use shift and climate warming on the Odonate Community of a Mediterranean stream over a 25-year period. Vie et Milieu - Life and Environment, 69: 1-9
- Müller, R., Seeland, A., Jagodzinski, L. S., Diogo, J. B., Nowak, C., Oehlmann, J. (2012).** Simulated climate change conditions unveil the toxic potential of the fungicide pyrimethanil on the midge *Chironomu sriparius*: a multi generation experiment. Ecology Evolution, 2:196–210
- Mura, T., Takahashi, R. M. & Wilder, W. H. (1984).** Impact of the Mosquitofish (*Gambusia affinis*) on a rice field ecosystem when used as a mosquito control agent. Mosquito News and Research, 44: 510-517
- Murdoch, W. W., Scott, M. A. & Ebsworth, P. (1984).** Effects of the general predator, *Notonecta* (Hemiptera) up on a freshwater community. Journal of Animal Ecology, 53: 791-808
- Muss, B. J. & Dahlstrom, P. (1981).** Le poisson d'eau douce de l'Espagne et de l'Europe. Omega Barcelona.
- Nader, G. A., Tate, K. W., Atwill, E. R. & Bushnell, J. (1998).** Water quality effect of rangeland beef cattle excrement. Rangelands, 20: 19-25

- Nelson, J. S. (1994).** Fishes of the world. Wiley. New York, 1-600
- Nemoraw, N. L. (1985).** Stream Lake estuary and ocean pollution. Van Nostrand Reinold New York.
- Nicolet, P., Biggs, J., Fox, G., Hodson, M. J., Reynolds, C., Whitfield, M. & Williams, P. (2004).** The wetland plant and macroinvertebrates assemblages of temporary ponds in England and Wales. *Biology Conservation*, 120: 261-278
- Nørgaard, K. B. & Cedergreen, N. (2010).** Pesticide cocktails can interact synergistically on aquatic crustaceans. *Environmental Science and Pollution Research*, 17: 957-967
- Oertli, B., Joye, D. A., Castella, E., Juge, R., Cambin, D. & Lachvanne, J. B. (2002).** Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity. *Biology Conservation*, 104: 59-70
- Oertli, B., Biggs, J., Céréghino, R., Grillas, P., Joly, P. & Lachvanne, J. B. (2005).** Conservation and monitoring of pond biodiversity: introduction. *Aquatic Conservation*, 15: 535-540
- O’Gorman, E. J., Zhao, L., Pichler, D. E., Adams, G., Friberg, N., Rall, B. C., Seeney, A., Zhang, H. Y., Rauman, D. C. & Woodward, G. (2017).** Unexpected changes in community size structure in a natural warming experiment. *Nature Climate Chang*, 7: 659-663
- Ozenda, P. (1982).** Les végétaux dans la biosphère. Doin Paris.
- Papáček, M., (2001).** Small aquatic and ripicolous bugs (Heteroptera: Nepomorpha) as predators and prey the question of economic importance. *European Journal Entomology*, 98: 1-12
- Parayre, I. (1997).** Mares et abreuvoirs : Etat initial et vue d’ensemble pour une gestion et un suivi sur tout le département de l’Ariège. Association des naturalistes de l’Ariège.
- Perace, F. & Crivelli, A. J. (1994).** Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes. *Med Wet*. N°1

- Pereira, H. M., Leadley, P. W., Proenca, V. et al. (2010).** Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science*, 330: 1496-1501
- Petchey, O. L., McPhearson, T., Lasey, T. M. & Morin, P. J. (1999).** Environmental warning alters food-web structure and ecosystem function. *Nature*, 402: 69-72
- Pichod, D. & Frontier, S. (1991).** *Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution.* Masson Paris.
- Pimm, S. L., Russell, G. L., Gittleman, J. L., Gittleman, J. L. & Brooks, T. M. (1995).** The future of biodiversity. *Science*, 269: 347-350
- Plafkin, J. L., Barbour, M. T., Porter, K. D., Gross, S. K. & Hughes, R. M. (1989).** Rapid bioassessment protocols for in streams and rivers: benthic macroinvertebrates and fish. Office of Water, United States Environmental Protection Agency, Washington.
- P.N.U.E. (1994).** *Stratégie mondiale de la biodiversité.* Bureau des ressources génétiques, France.
- Poisson, R. (1926).** Hémiptères aquatiques nouveaux ou peu connus de l'Afrique du Nord. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 17: 237-247
- Poisson, R. (1928).** Description d'un *Micronecta* nouveau (*Micronecta algerican sp.*) de l'Afrique du Nord (Hémiptères. Micronectidae). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 19: 241-243
- Poisson, R. (1929a).** Micronectes de l'Afrique du Nord (Hémiptères. Micronectidae). *Micronecta minusculan sp.* *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 20: 45-46
- Poisson, R. (1929b).** Résultats scientifiques de la mission du Hoggar (1928). Hémiptères aquatiques (1^{ère} note). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*, 20: 87-96
- Poisson, R. (1938).** Hémiptères aquatiques Sandaliorrhyncha Born. De la faune française. II. Micronectinae. Etude systématique et biologique ; principales espèces paléarctiques. *Annales de la Société Entomologique de France*, 107: 81-120

- Poisson, R. & Gauthier, H. (1926).** Hémiptères aquatiques d'Algérie et de Tunisie. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord, 17: 264-273
- Polhemus, J. T. (1976).** Shore bugs. In « Cheng: Marine Insects ». North Holland, 225-262
- Polhemus, J. T. & Polhemus, D. A. (2008).** Global diversity of true bugs (Heteroptera; Insecta) in freshwater. Hydrobiology, 595: 379-391
- Pyke, G. H. (2005).** A review of the biology of *Gambusia affinis* and *G. holbrooki*. Reviews in Fish Biology and Fisheries. 15: 339-365
- Pyke, G. H. (2008).** Plague Minnow or Mosquito Fish? A review of the biology and impacts of introduced *Gambusia* species. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 39: 171-191
- Ramade, F. (1984).** Eléments d'écologies : écologie fondamentale. MacGraw-Hill.
- Ramade, F. (2005).** Eléments d'écologie fondamentale. Dunod.
- Ramdhane, M. S. & Missaoui H. (2001).** Conservation des zones humides littorales et des Ecosystèmes côtiers du Cap-Bon. Med WET.
- Rasmusen, J. J., Wiberg-Larsen, P., Baattrup-Pedersen, A., Friberg, N. & Kronvang, B. (2012).** Stream habitat structure influences macroinvertebrates response to pesticides. Environments Pollution, 60: 37-46
- Reddy, S. R. (1975).** Effect of water temperature on the predatory efficiency of *Gambusia affinis*. Experientia, 31: 801-802
- Richter, E. D. (2002).** Acute human pesticide poisonings. In: Pimentel. Encyclopedia of pest management. Dekker New York, 3-6
- Risarvato, E. Boudot, J.-P., Ferreira, S., Jovic, M., Kalkman, V.J., Schneider, W., Samraoui, B. & Cuttelod, A. (2009).** The status and distribution of Dragonflies of the Mediterranean Basin. Gland: International Union for Conservation of Nature.

- Rodier, J. (1996).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Dunod Paris.
- Rosenberg, D. M. & Resh, V. H. (1993).** Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates: Chapman & Hall New York London, 1-9
- Roux, F. (1976).** The status of wetlands in the west African Sahel: Their value for waterfowl and their future. Proceeding International Conference Conservation Wetlands and Waterfowl Heiligenhafen, 272-87
- Sala, O. E., Chapin, F. S., Armesto, J. J. et al. (2000).** Global biodiversity scenarios for the year 2000. Science, 287: 1770-1774
- Samraoui, B. (2002).** Branchiopoda (Ctenopoda and Anomopoda) and Copepoda from eastern Numidia. Algeria Hydrobiol, 470: 173-179
- Samraoui, B. (2002).** Seasonal ecology of Algerian Lestidae (Odonata). International Journal of Odonatology, 12: 383-394
- Samraoui, B. (2018).** The hand of manor Santa Rosalia's blessing? A rebuttal of the paper "on the restoration of the relict population of a dragonfl Urothemis edwardsii Selys (Libellulidae: Odonata) in the Mediterranean". Journal of Insect Conservation, 22: 345-350
- Samraoui, B. & Bélair, G. de (1997).** The Guerbes-Sanhadja wetlands (N.E. Algeria) Part I: An Overview. Ecology, 28: 233-250
- Samraoui, B. & Bélair, G. de (1998).** Les zones humides de la Numidie Orientale : Bilan des connaissances et perspectives de gestion. Synthèse, 4: 1-90
- Samraoui, B. & Menai, R. (1999).** A contribution to the study of Algeria Odonata. International Journal of Odonatology, 2: 145-165
- Samraoui, B. & Samraoui, F. (2008).** An Ornithological Survey of the Wetlands of Algeria: Important Bird Areas, Ramsar Sites and Threatened Species. Wildfowl. 58: 71-98
- Samraoui, B. & Alfarhan, A. H. (2015).** Odonata in streams on Mount Edough, Algeria, and in Kroumiria, Tunisia. African Entomology, 23: 172-179

- Samraoui, B., Bélair, G. de & Benyacoub, S. (1992).** A much-threatened lake: Lac des Oiseaux in northeastern Algeria. *Environment Conservation*, 19: 264-267 + 276
- Samraoui, B., Chakri, K. & Samraoui, F. (2006a).** Large branchiopod (Branchiopoda: Anostraca, Notostraca and Spinicaudata) from the saltlakes of Algeria. *Journal of Limnology*, 65: 2-6
- Samraoui, B., Benyacoub, S., Mecibah, S. & Dumont, H. J. (1993).** Afrotropical Libellulidae (Insecta. Odonata) in the lack district El-Kala, Northeastern Africa with a rediscovery of *Urothemis edwardsii* (Selys) and *Acrisoma panorpoïdes ascolaphoides* (Rambur). *Odonatologica*, 22: 365-372
- Samraoui, B., Bouzid, S., Boulahbal, R. & Corbet, P. S. (1997).** Postponed reproductive maturation in upland refuges maintains life-cycle continuity during the hot, dry season in Algeria dragonflies (Anisoptera). *International Journal of Odonatology*, 1: 118-135
- Samraoui, F., Alfarhan, A., Al Rasheid, K. A. S. & Samraoui, B. (2011).** An appraisal of the status and distribution of waterbirds of Algeria: indicators of global changes. *Ardeola*, 58: 137-163
- Samraoui, B., Segers, H., Maas, S., Baribwegure, D., Dumont, H. J. (1998).** Rotifera, Cladocera, Copepoda, and Ostracoda from coastal wetlands in northeast Algeria. *Hydrobiologia*, 386: 183-193
- Samraoui, B., Samraoui, F., Benslimane, N., Alfarhan, A. & Al Rasheid, K. S. (2012).** A precipitous decline of the Algerian Newt *Pleurodeles poireti* Gervais, 1835 and other changes in the status of amphibians of Numidia, North-Estern Algeria. *Ecologie. Terre ET vie*, 67: 71-82
- Samraoui, B., Ouldjaoui, A., Boukhssaim, M., Houhamdi, M., Saheb, M. & Béchet, A. (2006b).** Behavioral and ecological aspects of the first successful reproduction of the greater Flamingo *Phoenicopterus roseus* in Algeria. *Ostrich*, 77: 153-159
- Samraoui, B., Boudot, J. P., Ferreira, S., Riservato, E., Jovic, M., Kalkman, V. J. & Schneider, W. (2011b).** The status and distribution of Dragonflies. 51-70 in: N. Garcia, A. Cuttelod & D. Abdul Malak. The status and distribution of freshwater biodiversity in Northern Africa. International Union for Conservation of Nature, Gland Switzerland, Cambridge, UK and Malaga Spain.

- Savage, A. A. (1982).** Use of water boatmen (Corixidae) in the classification of lakes. *Biology Conservation*, 23: 55-70
- Savage, A. A. (1990).** The distribution of Corixidae in lakes and the ecological status of the North West Midlands Meres. *Field Study*, 7: 516-530
- Seltzer, P. (1946).** Le climat de l'Algérie. Imp. La Typo-Litho et J. Carbonel Algiers.
- Shannon, C. E. & Weaver, W. (1963).** The mathematical theory of communication. Urbane: University of Illinois Press.
- Shurin, J. B. (2001).** Inter active effects of predation and dispersal on zooplankton communities. *Ecology*, 82: 3404-3416
- Shurin, J. B., Clasen, J. L., Greig, H. S., Kratina, P., Thompson, P. L. (2012).** Warming shifts top-down and bottom-up control of pond food web structure and function. *Philosophical transactions of the Royal Society of London*, 367: 3008-3017
- Skinner, J., & Zalewski, S. (1995).** Fonctions and valeurs of Mediterranean wetlands. *Med Wet Volume I*.
- Southward, A. J., Hawkins, S. & Burrous, M. T. (1995).** Seventy years observations of changes in distribution and abundance of zooplankton and intertidal organisms in the western English Channel in relation to rising sea temperature. *Jornal of thermal Biology*.
- Southwood, T. R. E., Brown, V. K., & Reader, P. M. (1978).** The relationships of plant and insect diversities in succession. *Biological Journal of the Linnean Society*, 12: 327-48
- Sorensen, T. (1984).** A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish comments. *Biology Skrifter*, 5: 1-34
- Spillmann, C. H. (1961).** Faune de France : poissons d'eau douce. Le chevalier. Paris.
- Statzner, B., Dolédec, S. & Vsseglio-Polatera, P. (2001).** Perspectives for biomonitoring at large spatial scales: a unified measure for the functional composition of invertebrate communities in European running waters. *Basic and Applied Ecology*, 2: 73-85

- Stuart, S. N., Chanson, J. S., Cox, N. A., Young, B. E., Rodrigues, A. S. L., Fischman, D. L. & Waller, R. W. (2004).** Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306: 1783-1786
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio, P. (2000).** Invertébré d'eau douce. Centre National de la Recherche Scientifique Paris.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M. Usseglio-Polatera, P. (2010).** Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. Centre National de la Recherche Scientifique Paris.
- Tebibel, S. (1992).** Hémiptères aquatiques d'Algérie. Clés dichotomiques, inventaire des espèces, distribution en Algérie et dans le monde, Thèse de Doctorat Université Houari Boumediene Alger.
- Thiéry, A. (1997).** Horizontal distribution and abundance of cysts of several large branchiopods in temporary pool and ditch sediments. *Hydrobiology*, 359: 177-189
- Thomas, J. P. (1975).** Ecologie et dynamisme de la végétation des dunes littorales et des terrasses sableuses quaternaires de Jijel à El Kala (Est algérien). Thèse de Doctorat Voting System Test Laboratoires Montpellier.
- Thomas, A. G. B. (1981).** Travaux sur la taxonomie, la biologie et l'écologie d'insectes torrenticoles du Sud-Ouest de la France (Ephéméroptères et Diptères : Dixidae, Cecidomiidae, Rhagionidae et Athericidae), avec quelques exemples de perturbations par l'homme. Thèse Doctorat Université Paul Sabatier Toulouse.
- Thomas, A. G. B. (1998).** A provisional checklist of the Mayflies of North Africa (Ephemeroptera). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle Toulouse*, 134: 13-20
- Thomas, A. G. B. & Gagneur, J. (1994).** Compléments et corrections de la faune des Ephémères d'Afrique du Nord (Ephemeroptera, Baetidae). *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle Toulouse*, 130 : 43-45
- Thomas, C. D., Camerons, A. Green, R. E., Bakkenes, M., Beaumont, L. J., Collingham, Y. C., Erasmus, B. E. N., de Siqueira, M. F., Grainer, A., Hannah, L. J., Hughes, L., Huntley, B., Van Jaarsveld, A.S., Midgley, G. F., Miles & Williams, S. E. (2004).** Extinction risk from climate change. *Nature*, 427: 145-148

- Tomas, P. (1996).** Suivi des zones humides méditerranéennes. Guide méthodologique. International Wetland.
- Tully, O., McCarthy, T. K. & O'Donnell, D. (1991).** The ecology of the Corixidae (Hemiptera: Heteroptera) in the Corrib Catchment, 210: 161-169
- Tunney, T. D., McCann, K. S., Lester, N. P. & Shuter, B. J. (2014).** Effects of differential habitat warming on complex communities. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 111: 8077-8082
- Turak, E. & Waddelle, N. (2001).** Developed of Australian Rivas for New South Wales. Environment Protection Authority Sydney, 254-271
- Underwood, A. J. (1996).** Experiments in ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge University press, 0521 55329 6: 509
- Vaillant, F. (1955).** Recherches sur la faune madicole de France, de Corse et d'Afrique du Nord. Thèse de Doctorat Université Paris.
- Van Dijk, G. & Ledant, M. J. P. (1980).** Rapport d'observation sur les oiseaux dans la région d'Annaba. Rapport Dactyle.
- Van Dijk, G. & Ledant, J. P. (1983).** La Valeur Ornithologique des Zones Humides de l'Est algérien. Biological Conservation, 26: 215-226
- Vanden-Bossche, J. P. (2005).** Typologie et qualité biologique du réseau hydrologique de Wallonie Basées sur les assemblages des macroinvertébrés. Thèse de Doctorat Université de Bruxelles.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R. & Cushing, C. E. (1980).** The river continuum concept. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 37: 130-137
- Vignes, J. C. (1995).** Population structure, fecundity and feeding regime of Mosquitofish in a lake of the Basque Country. 47: 101-106 INRA, Unité de Recherche en Hydrobiologie, Equipe d'Ecologie Comportementale des Poissons France, 3: 64310

- Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J. & Melillo, J. M. (1997).** Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 277: 494–49
- Vörösmarty, C., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S. E., Sullivan, C. A., Reidy, Liermann, C. & Davies, P. M. (2010).** Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467: 555-561
- Walther, G. R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, F. C., Beebee, T. J. C., Fromentin, J. M., Hoegh-Guldberg, O. & Bairlein, F. (2002).** Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416: 389-395
- Wellborn, G. A., Skelly, D. K. & Werner, E. E. (1996).** Mechanisms creating community structure across a freshwater habitat gradient. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics*, 27: 337-363
- Whittaker, R. H. & Likens, G. E. (1973).** Primary production: the biosphere and man. *The Journal of Human Ecology*, 1: 357-369
- Wiggins, G. B., Mackay, R. J. & Smith, I. M. (1980).** Evolutionary and ecological strategies of animals in annual temporary pools. *Archive fur Hydrobiology*, 58: 97-206
- Wilbur, H. M. (1997).** Experimental ecology of food webs: complex systems in temporary ponds. *Ecology*, 78: 2279-2302
- Williams, P., Whitfield, M., Biggs, J., Bray, S., Fox, G., Nicolet, P. & Sear, D. (2003).** Comparative biodiversity of rivers, streams, ditches and ponds in an agricultural landscape in Southern England. *Biology Conservation*, 115: 329-341
- Wooten, M. C., Scribner, K. T., & Smith, M. H. (1988).** Genetic variability and systematics of *Gambusia* in the Southeastern United States. *Copeia*, 2: 283-289
- Wurtsbaugh, W. A., & Cech, J. J. (1983).** Growth and Activity of Juvenile Mosquitofish: Temperature and Ration Effects. *Transactions of the American Fisheries Society*, 112: 653-660
- Zacharias, I., Dimitrou, E., Dekker, A. & Dorsman, E. (2007).** Overview of temporary ponds in the Mediterranean region: threats, management and conservation issues. *Jornal Environment Biology*, 28: 1-9

Zaret, T. M. (1980). Predation and freshwater communities. Yale University Press, New Haven.

Zedler, J. B. & Kercher, S. (2004). Causes and consequences of invasive plants in wetlands: opportunities, opportunists, and outcomes. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 23: 431-452

Zerguine, K., Samraoui, B. & Rossaro, B. (2009). A survey of Chironomids from seasonal ponds of Numidia, northeastern Algeria. *Bulletin Zoologie Agricole et Bichiculture*, 41: 167-174

Zeroual, A., Assani, A. & Meddi, M. (2017). Combined analysis of temperature and rainfall variability as they relate to climate indices in Northern Algeria over the 1972-2013 period. *HydrolRes*, 48: 584-595

Source d'internet

[1] :https://www.google.com/search?q=corixidae&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ah_UKEwj_m_DwzqniAhUaAWMBHc8kBAAQ_AUIDigB&biw=800&bih=440#imgrc=dmT_cNiOSyObtM: (Consulté 18 mars 2019).

[2] :https://www.google.com/search?q=photo+gerridae&tbn=isch&source=univ&sa=X&ved=2ah_UKEwis5rTMpIbhAhUkxYUKHYzeCXAQsAR6BAgBEAE&biw=1024&bih=489 (Consulté 18 mars 2019).

[3] :https://www.researchgate.net/figure/Lethocerus-Belostomatidae-adulto-Foto-por-M-Springer_fig14_261877415 (Consulté 18 mars 2019).

[4] : <https://www.flickr.com/photos/ianbool/8563498889> (Consulté 18 mars 2019).

Annexes

ANNEXE. 1

A). La température de l'eau

Tableau 10. Les valeurs de la température de l'eau et la moyenne dans les quatre sites d'étude durant le cycle hydrologique 1 (1996/1997).

	jui	jul	aou	sep	oct	nou	déc	jan	fév	mar	avr	mai
Dakhla	27			20			11		9	6	11	
Estah	28			21			12		9	6,5	10	
Lac Bleu	27		27	25	23	19	10	13	13	13,5	14	20
Saulaie	24,5		25	24	22	20	12	12	8,5	17	12,5	22
Moyenne	26,6		26	22,5	22,5	19,5	11,2	12,5	9,8	10,7	11,8	21

Tableau 11. Les valeurs de la température de l'eau et la moyenne dans les quatre sites d'étude durant le cycle hydrologique 2 (1997/1998).

	jui	jul	aou	sep	oct	nou	déc	jan	fév	mar	avr	mai
Dakhla	33	25				20	15		10	12	19	26
Estah	33	21				21	14		9	17	20	25
Lac Bleu	31	26				20	13		11	18	19	21
Saulaie	32	25				18	12		11	15	18	20
Moyenne	32,2	24,2				19,7	13,5		10,2	15,5	19	23

Tableau 12. Les valeurs de la température de l'eau et la moyenne dans les quatre sites d'étude durant le cycle hydrologique 3 (2010/2011).

	jui	jul	aou	sep	oct	nou	déc	jan	fév	mar	avr	mai
Dakhla	23	29,3	28	26	21,7	16	12	11	13,2	14,2	23	21,8
Estah	23,4	34	30,5	27	18,5	15	12	10,2	13,1	12,5	17,2	19,5
Lac Bleu	27,5	37,5	32,7	31	24	19	13,5	12,2	17,2	19,7	25,8	29,3
Saulaie				32,5	24,5	20	14,8	16	20,5	21,1	24,3	29,5
Moyenne	24,6	33,6	30,4	29,1	22,1	17,5	13,0	12,3	16	16,8	22,5	25,03

Tableau 13. Les valeurs de la température de l'eau et la moyenne dans les quatre sites d'étude durant le cycle hydrologique 4 (2011/2012).

	jui	jul	aou	sep	oct	nou	déc	jan	fév	mar	avr	mai
Dakhla	29,2	27,5	28	19,7	18,1	14	12	12,2	14,5	14,6	17	18
Estah	30	29	30	22,7	21	15	12	12	13,2	16,5	17,3	20
Lac Bleu	28,3	32	36	25	23	15,5	13,5	13	15	16,2	17,1	18
Saulaie	30	33,5	31	25,8	24	16,1	14,8	13,6	16	16,4	17,2	17,9
Moyenne	29,3	30,5	31,2	23,	21,5	15,1	13	12,7	14,6	15,9	17,1	18,4

Tableau 14. Les valeurs de la température de l'eau dans les quatre sites d'étude durant le cycle hydrologique 5 (2012/2013).

	jui	jul	aou	sep	oct	nou	déc	jan	fév	mar	avr	mai
Dakhla	9	15,4	13,9	21,6	29,5	22,2						
Estah	9,3	9,9	13,2	20,1	22,8	18,8						
Lac Bleu	12	11	21,5	23,5	26,5	27,5	37	36,1	33	29,1	28	22,3
Saulaie	12,7	11,3	23,5	25,2	27,2	28,1	36	34,3	33,9	26,6	23	23,2
Moyenne	10,7	11,9	18	22,6	26,5	24,1	36,5	35,2	33,4	27,8	25,5	22,75

B). La conductivité de l'eau**Tableau 15.** Les valeurs de la conductivité de l'eau et la moyenne dans les quatre sites d'étude durant le cycle hydrologique 2 (1997/1998).

	jui	jul	aou	sep	oct	nou	déc	jan	fév	mar	avr	mai
Dakhla						1060	600		380	370	380	350
Estah						740	480		360	360	370	320
Lac Bleu						340	340		300	320	340	270
Saulaie						1000	690		580	630	71	560
Moyenne						785	527,5		405	420	290,2	375

Tableau 16. Les valeurs de la conductivité de l'eau et la moyenne dans les quatre sites d'étude durant le cycle hydrologique 3 (2010/2011).

	jui	juil	aou	sep	oct	nou	déc	jan	fév	mar	avr	mai
Dakhla	350	644	777	984	662	430	463	430	404	230	390	401
Estah	350	418	472	711	662	423	410	393	370	180	345	327
Lac Bleu	184	270	211	295	316	205	206	198	183	145	177	183
Saulaie				238	199	285	290	276	280	172	325	278
Moyenne	294	444	486	557	459	335	342	324	309	181	309	297

Tableau 17. Les valeurs de la conductivité de l'eau et la moyenne dans les quatre sites d'étude durant le cycle hydrologique 4 (2011/2013).

	jui	juil	aou	sep	oct	nou	déc	jan	fév	mar	avr	mai
Dakhla	580	630	733	860	630		463	375	366	287	395	400
Estah	720	635	1058		567	420	410	375	274	340	357	326
Lac Bleu	195,1	273	209	330	288	208	206	190	175	152	162	183
Saulaie	185,5	22	209		268	285	290	270	270	26,7	180	286
Moyenne	420,1	390	552,2	595	438,2	304,3	342,2	302,5	271,2	201	273	298

Tableau 18. Les valeurs de la conductivité de l'eau et la moyenne dans les quatre sites d'étude durant le cycle hydrologique 5 (2012/2013).

	jui	juil	aou	sep	oct	nou	déc	jan	fév	mar	avr	mai
Dakhla	602	484	441	448	452	405						
Estah	512	464	423	420	411	390						
Lac Bleu	290	284	224	152,6	183	345	701	665	606	420	432	204
Saulaie	260	253	241	174,2	186	320	335	340	360	390	395	103
Moyenne	416	371	332,2	298,7	308,1	365	518	502,5	483	405	413,5	153,5

C). La profondeur de l'eau

Tableau 19. Les valeurs de la profondeur de l'eau et la moyenne dans les quatre sites d'étude durant le cycle hydrologique 3 (2010/2011).

	jui	juil	aou	sep	oct	nou	déc	jan	fév	mar	avr	mai
Dakhla	80	83	100	90	65	103	110	90	100	100	110	100
Estah	90	40	63	30	23	89	100	80	90	95	96	80
Lac Bleu	50,5	40	40	30	45	65	70	100	70	70	74	70
Saulaie				25	18	20	30	30	40	40	45	30
Moyenne	73,5	54,3	67,6	43,7	37,7	69,2	77,5	75	75	76,2	81,2	70

Tableau 20. Les valeurs de la profondeur de l'eau et la moyenne dans les quatre sites d'étude durant le cycle hydrologique 4 (2011/2012).

	jui	juil	aou	sep	oct	nou	déc	jan	fév	mar	avr	mai
Dakhla	87	70	77	60	67		100,3	80	100	80	100	57
Estah	49	35	42		52	75	80	45	67	77	97	77
Lac Bleu	47	25	17	50	40	70	75	100,3	32	52	80	52
Saulaie	47	35	27		35	20	45	35	27	32	37,5	27
Moyenne	57,5	41,2	40,7	55	48,5	55	75	65	56,5	60,2	78,6	53,2

Tableau 21. Les valeurs de la profondeur de l'eau et la moyenne dans les quatre sites d'étude durant le cycle hydrologique 5 (2012/2013).

	jui	juil	aou	sep	oct	nou	déc	jan	fév	mar	avr	mai
Dakhla	70	62	110		102	97						
Estah	70	60	90		90	80						
Lac Bleu	47	45	105	52	72	50	30	25	20	32	23	60
Saulaie	35	38	52	34	32	36	25	22	16	16,5	32	40
Moyenne	70	62	110		102	97						

ANNEXE. 2

Tableau 22. Analyse statistique de la corrélation de Spearman entre l'abondance d'Hémiptères et la température de l'eau durant les 5 cycles d'études pendant le mois d'août.

			Aout	Hémiptères
Tau-B de Kendall	Août	Coefficient de corrélation	1,000	-1,000*
		Sig. (bilatéral)	.	.
		N	4	4
	Hémiptères	Coefficient de corrélation	-1,000**	1,000
		Sig. (bilatéral)	.	.
		N	4	5
Rho de Spearman	Août	Coefficient de corrélation	1,000	-1,000**
		Sig. (bilatéral)	.	.
		N	4	4
	Hémiptères	Coefficient de corrélation	-1,000**	1,000
		Sig. (bilatéral)	.	.
		N	4	5

*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

Tableau 23. Analyse statistique de la corrélation de Spearman entre l'abondance d'Hémiptères et la température de l'eau durant les 5 cycles d'études pendant le mois de février.

			Hémiptères	Février
Tau-B de Kendall	Hémiptères	Coefficient de corrélation	1,000	-,800
		Sig. (bilatéral)	.	,050
		N	5	5
	Fév.	Coefficient de corrélation	-,800	1,000
		Sig. (bilatéral)	,050	.
		N	5	5
Rho de Spearman	Hémiptères	Coefficient de corrélation	1,000	-,900*
		Sig. (bilatéral)	.	,037
		N	5	5
	Fév.	Coefficient de corrélation	-,900*	1,000
		Sig. (bilatéral)	,037	.
		N	5	5

*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

Tableau 24. Analyse statistique de la corrélation de Spearman entre l'abondance d'Hémiptères et la température de l'eau durant les 5 cycles d'études pendant le mois de mars.

			Mars	Hémiptères	
Tau-B de Kendall		Coefficient de corrélation	1,000	-,800	
		Sig. (bilatéral)	.	,050	
		N	5	5	
Hémiptères		Coefficient de corrélation	-,800	1,000	
		Sig. (bilatéral)	,050	.	
		N	5	5	
Rho de Spearman	Mars	Coefficient de corrélation	1,000	-,900*	
		Sig. (bilatéral)	.	,037	
		N	5	5	
	Hémiptères		Coefficient de corrélation	-,900*	1,000
			Sig. (bilatéral)	,037	.
			N	5	5

*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral)

ANNEXE. 3**Tableau 25.** La corrélation entre l'abondance d'Hémiptères et la température dans les sites d'étude pendant les cinq cycles.

	juj	juj	aou	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	Abondance
Cycle 1	26,63		26,00	22,50	22,50	19,50	11,25	12,50	9,88	10,75	11,88	21,00	2331
Cycle 2	32,25	24,25				19,75	13,50		10,25	15,50	19,00	23,00	1879
Cycle 3	24,63	33,60	30,40	29,13	22,18	17,50	13,08	12,35	16,00	16,88	22,58	25,03	1739
Cycle 4	29,38	30,50	31,25	23,30	21,53	15,15	13,08	12,70	14,68	15,93	17,15	18,48	1141
Cycle 5	36,5	35,2	33,4	27,8	25,5	22,7	10,7	11,9	18,	22,6	26,5	24,1	123

Tableau 26. La corrélation entre l'abondance d'Hémiptères et la conductivité dans les sites d'étude pendant les cinq cycles.

	juj	juj	aou	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	Abondance
Cycle 1													2331
Cycle 2						785	527,5		405	420	290,25	375	1879
Cycle 3	294,83	444,00	486,67	557,00	459,75	335,75	342,25	324,25	309,25	181,88	309,33	297,38	1739
Cycle 4	420,15	390,00	552,25	595,00	438,25	304,33	342,25	302,50	271,25	201,58	273,58	298,80	1141
Cycle 5	518,00	502,50	483,00	405,00	413,50	153,50	416,00	371,25	332,25	298,70	308,13	365,00	123

Tableau 27. La corrélation entre l'abondance d'Hémiptères et la profondeur dans les sites d'étude pendant les cinq cycles.

	juj	juj	aou	sep	oct	nov	déc	jan	fév	mar	avr	mai	Abondance
Cycle 1													2331
Cycle 2													1879
Cycle 3	73,50	54,33	67,67	43,75	37,75	69,25	77,50	75,00	75,00	76,25	81,25	70,00	1739
Cycle 4	57,50	41,25	40,75	55,00	48,50	55,00	75,08	65,08	56,50	60,25	78,63	53,25	1141
Cycle 5	27,5	23,5	18	24,25	27,5	67,5	55,5	51,25	89,25	43	74	65,75	123

ANNEXE. 4

Tableau 28. La corrélation mensuelle entre l'abondance d'Hémiptères et *Gambusia holbrooki* dans les sites d'étude pendant la période d'étude.

	Hémiptères	<i>Gambusia holbrooki</i>	Ecart type d'Hémiptères	Ecart type de <i>Gambusia holbrooki</i>
jui	701	97	299,41	74,56
jul	376	104		
aoû	257	208		
sep	613	127		
oct	758	172		
nov	1111	197		
dec	833	93		
jan	678	81		
fév	558	90		
mar	464	41		
avr	344	51		
mai	516	42		

Tableau 29. La corrélation annuelle entre l'abondance d'Hémiptères et *Gambusia holbrooki* dans les sites d'étude pendant le premier cycle hydrologique 1 (1996/1997).

	Hémiptères	<i>Gambusia holbrooki</i>	Ecart type d'Hémiptères	Ecart type de <i>Gambusia holbrooki</i>
G. Dakhla	1121	0	395,3	244,3
G. Estah	480	534		
Lac Bleu	109	0		
Saulaie	671	0		

Tableau 30. La corrélation annuelle entre l'abondance d'Hémiptères et *Gambusia holbrooki* dans les sites d'étude pendant le premier cycle hydrologique 2 (1997/1998).

	Hémiptères	<i>Gambusia holbrooki</i>	Ecart type d'Hémiptères	Ecart type de <i>Gambusia holbrooki</i>
G. Dakhla	913	0	321,8	131,5
G. Estah	505	97		
Lac Bleu	56	0		
Saulaie	405	0		

Tableau 31. La corrélation annuelle entre l'abondance d'Hémiptères et *Gambusia holbrooki* dans les sites d'étude pendant le premier cycle hydrologique 3 (2010/2011).

	Hémiptères	<i>Gambusia holbrooki</i>	Ecart type d'Hémiptères	Ecart type de <i>Gambusia holbrooki</i>
G. Dakhla	925	477	349,4	203,1
G. Estah	701	114		
Lac Bleu	72	0		
Saulaie	41	0		

Tableau 32. La corrélation annuelle entre l'abondance d'Hémiptères et *Gambusia holbrooki* dans les sites d'étude pendant le premier cycle hydrologique 4 (2011/2012).

	Hémiptères	<i>Gambusia holbrooki</i>	Ecart type d'Hémiptères	Ecart type de <i>Gambusia holbrooki</i>
G. Dakhla	406	1	156,7	16,8
G. Estah	308	34		
Lac Bleu	369	0		
La Saulaie	58	0		

Tableau 33. La corrélation annuelle entre l'abondance d'Hémiptères et *Gambusia holbrooki* dans les sites d'étude pendant le premier cycle hydrologique 5 (2012/2013).

	Hémiptères	<i>Gambusia holbrooki</i>	Ecart type d'Hémiptères	Ecart type de <i>Gambusia holbrooki</i>
G. Dakhla	50	5	21,1	15,8
G. Estah	40	0		
Lac Bleu	28	4		
La Saulaie	1	37		

