

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة باجي مختار - عنابة

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR -ANNABA-



FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

LABORATOIRE DE SOLS ET DEVELOPPEMENT DURABLE

Thèse En vue de l'obtention d'un Diplôme de Doctorat

DOMAINE : SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE

Filière : ECOLOGIE - ENVIRONNEMENT

Spécialité : ECOLOGIE DES SOLS

**Intitulé**

« Diversité et structure des communautés de Lépidoptères  
Rhopalocères en relation avec le sol et la végétation dans différents  
milieux du nord est algérien »

**Presentée par : Mme. LAREF Nariman**

**Directrice de thèse :**

DADCI- SAKRAOUI Rym

(Maitre de conférence A, Université Badji Mokhtar – Annaba)

**Devant un jury composé de :**

Pr. BENSLAMA Mohamed	Président	Université Badji Mokhtar Annaba
Pr. HOUHAMDI Moussa	Examineur	Université 08 Mai 1945 Guelma
Dr. BOULAHBAL Raouf	Examineur	Université Chadli Bendjedid El Tarf
Pr. OUAKID Mohamed	Examineur	Université Badji Mokhtar Annaba

Année universitaire : 2022/2023

## **Remerciements**

*Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le miséricordieux de m'avoir donné la force, la foi et la volonté pour me foncer dans le domaine de la science, il m'a guidé vers une passion qui a pu changer toute ma vie !*

*Je tiens à exprimer ma gratitude à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette thèse.*

*Je souhaite remercier **Pr Benslama**, d'avoir accepté de présider le jury, mon expression de reconnaissance ne décrit jamais ses contributions à me former pendant mon parcours universitaire, je tiens à le remercier pour ses conseils, sa compétence et sa générosité.*

*Toutes les formules de gratitude sont loin d'être expressives pour transmettre ma reconnaissance et mon amour à Pr **Boukheroufa-Sakraoui Ferial**, elle était ma Professeure et mon idole, elle était tout le temps disponible pour m'écouter, m'enseigner, m'aider, me conseiller. Elle a été là dans différentes étapes de ma vie et m'a soutenu dans les bons comme dans les mauvais moments. Je ne saurai comment lui témoigner tout mon respect et ma reconnaissance, et j'espère sincèrement que cette complicité professionnelle et humaine perdurera longtemps.*

*Je tiens à exprimer ma reconnaissance à **Dr Dadci-Sakraoui Rym** je lui transmets mes remerciements pour sa générosité et sa disponibilité, les plus beaux souvenirs concernent les cours et les sorties que j'ai eu avec elle, sa bienveillance et sa belle âme ont réussi à rendre l'Ecologie une passion et un style de vie et non pas seulement un domaine d'étude.*

*Je remercie chaleureusement les Professeurs : **Pr. HOUHAMDJI Moussa** ; **Dr. BOULLAHBAL Raouf** et **Pr. OUAKID MOHAMED** pour*

*avoir accepté de prendre part à ce jury et de m'avoir cédé l'opportunité de débattre et juger mon travail avec leur grand savoir.*

*Un grand merci à **Dr Boukheroufa Mehdi**, je souhaite par la présente lui transmettre ma gratitude pour son temps, sa grande expertise sur terrain et son esprit méthodique dont il n'a pas tardé à m'appréhender mon domaine d'étude et me guider au bon raisonnement, je le remercie pour sa gentillesse, sa bienveillance, sa patience et sa sympathie.*

*Une mention spéciale à **Dr Daddi Walid** pour son aide, son savoir et sa gentillesse.*

*J'ai pu me rendre compte durant mon travail de la chance que j'ai eu d'avoir été entourée par une équipe de recherche robuste et coriace, je remercie l'équipe **DAFEC** un par un, **LINA** ; **FATMA** ; **CHARAF** ; **ASSIA**, **KAMILIA** ; **ZIZOU ET RACHED**, vous embellissez ma vie avec votre bravoure et coopération, vous êtes ma famille !*

*Je tiens à exprimer ma gratitude à tous mes enseignants de l'université de **Badji Mokhtar Annaba** qui ont contribué à me former et m'apprendre la Biologie.*

*Ma reconnaissance va de tout mon cœur à **Dr Zaafour Moncef**, il m'a toujours encouragé, guidé et corrigé, je le remercie pour sa confiance en moi il était le premier à témoigner mon grand amour à l'Ecologie, il a estimé en moi et je n'oublie jamais sa parole : **Ma fille ! j'ai pu découvrir une perle parmi un amas de sable.***

*Ma gratitude va également au bureau **BNEDER Constantine** pour leur collaboration. Un remerciement spécial à **Mr Lammari** et **Mr Djedilat** pour leur temps, leur collaboration et leur patience.*

*Ma grande reconnaissance va chaleureusement à la Conservation des forêts de Annaba et un merci énorme à Dr Mofcene Alleme pour son accueil et pour les données dont il n'a pas hésité à me fournir.*

*Un doux remerciement va à mes amis que j'ai connu via les réseaux sociaux : Soussou pour son esprit et son sens d'humour, elle n'a pas hésité à m'aider même si à distance je la remercie du fond de mon cœur ; Mr Taher Mebarkí et Mr Ammar Sací, je souhaite leur transmettre ma gratitude pour leurs aides, leur écoute et leurs beaux clichés des papillons dont je me suis permise d'intégrer dans mon manuscrit.*

*Mr Georges, merci d'être là pour m'écouter et surtout m'encourager.*

*Je dédie ce travail à mes parents, c'est le fruit de leurs sacrifices et leurs encouragements, sans eux ma réussite n'aurait jamais vu le jour.*

*A ma sœur et mes frères, mes nièces et mes neveux, ils ont été comme une armée qui se mobilise à ma faveur, merci pour leurs soutiens et leurs aides pendant les moments difficiles.*

*A ma grand-mère et ma tante, pour leurs soutien et amour durant toutes ces longues années, elles m'ont créé une atmosphère trop spéciale afin de bien conduire mes études, je souhaite qu'elles trouvent ici toute forme de reconnaissance.*

*A mon mari Omar, pour sa collaboration, sa patience, son ambiance et son aide.*

*A mes beaux-parents, pour leurs soutiens et leurs confiances en moi*

*Enfin, je dédie ce travail à toute personne passionnée de la nature et sa biodiversité.*

*« Le savant n'étudie pas la nature parce que cela est utile ; il l'étudie parce qu'il y prend plaisir et il y prend plaisir parce qu'elle est belle. Si la nature n'était pas belle, elle ne vaudrait pas*

*La peine d'être connue... » HENRI POINCARÉ*

## *Dédicace spéciale*

Je dédie mon travail à mes chers parents, qui m'ont aidé et surtout m'ont supporté avec mes émotions et mes humeurs le long de mon parcours ; maman m'a toujours donné l'amour et la vivacité , papa m'a rendu plus forte et confiante avec ses conseils et son grand savoir , ils ont pris ma main pour surmonter toute sorte de problèmes et obstacles . Qu'ils puissent trouver ici ma reconnaissance et que Dieu les bénisse et les garde et que je puisse les rendre fières !

Je dédie chaleureusement ma thèse à Mme Laref Sara et Mr Laref Ilyes, qui m'ont trop aidé avec le matos du terrain et la mise en place de l'article, j'exprime par la présente le témoignage de ma profonde gratitude.

Mon cher grand frère ATEF, ma souer HANA et ma sœur de cœur LINA, je vous paratge ma réussite, vous m'avez trop aidé et soutenu, je ne pouvais jamais avancer et persister sans votre présence. Que le bonheur domine votre vie !

## RESUME

Notre problématique de thèse s'articule autour du rôle fonctionnel des Lépidoptères rhopalocères vis-à-vis de la diversité du couvert végétal et du maintien des écosystèmes forestiers. L'étude qui en découle a été réalisée durant trois années successives (2020, 2021 et 2022) au niveau du massif montagneux de l'edough, où nous avons mené une campagne d'échantillonnage en déployant une stratégie basée sur la méthode de transect linéaire dérivée de la méthode britannique BMS *Butterflies Monitoring Schem* où 2392 imagos ont été comptabilisés en vue de calculer et analyser les paramètres de structure du peuplement rhopalostique. Nous avons mené une étude comparative dans deux types de milieux : Ain Bocal, un site naturel avec une succession de quatre essences forestières, et la subéraie post incendiée de Sidi Nour sur la route de Ain Barbar. Enfin, nous avons analysé la qualité physico-chimique des sols des deux sites, afin d'analyser l'interaction sol – rhopalocères.

Les résultats obtenus font état de 31 espèces de rhopalocères, dont cinq familles taxonomiques en l'occurrence les *Pieridae* ; *Lycaenidae* ; *Nymphalidae* ; *Papilionidae* et *Hesperidae*. Les résultats montrent globalement que la Subéraie et la Zenaie mixte représentent les formations végétales les plus riches en espèces et en abondances, ces habitats sont marqués par une hétérogénéité compositionnelle complexe. Enfin, l'interprétation des résultats analytiques des sols, montre que ces derniers présentent de bonnes potentialités pédologiques, conférant au massif forestier de l'Edough un statut d'habitat d'exception, éminemment favorable à l'installation et à l'abondance de la biodiversité rhopalostique.

**Mots clés :** Rhopalocères - biodiversité - habitat forestier – sol - massif forestier de l'Edough.

## **ABSTRACT**

Our thesis problem revolves around the functional role of Lepidoptera rhopalocera with respect to the diversity of plant cover and the maintenance of forest ecosystems. The resulting study was carried out over three successive years (2020, 2021 and 2022) at the level of the Edough mountain range, where we conducted a sampling campaign by deploying a strategy based on the linear transect method, derived from the British method *BMS Butterflies Monitoring Schem* where 2392 individual were counted in order to calculate and analyze the structural parameters of the rhopalocera's population. We conducted a comparative study in two types of environment : Ain Bocal, a natural site with a succession of four forest species, and the post-fire Cork Oak forest of Sidi Nour on the road to Ain Barbar. Finally, we analyzed the physico-chemical quality of the soils of the two sites, in order to analyze the soil-rhopalocera interaction.

The results obtained show 31 species of rhopalocera, including five taxonomic families, in this case the Pieridae ; Lycaenidae ; Nymphalidae ; Papillonidae and Hesperidae. Overall, the results show that the Cork Oak and Algerian Oak Forest (Zean Oak Forest) represent the richest plant formations in terms of species and abundance, these habitats are marked by a complex compositional heterogeneity. Finally, the interpretation of the analytical results of the soils shows that the latter have good soil potential, giving the forest massif of the Edough an exceptional habitat status, eminently favorable to the installation and abundance of rhopalostic biodiversity.

**Key-words :** Rhopalocera - biodiversity - forest habitat - soil - Edough forest massif.

## ملخص

تمحور إشكالية أطروحتنا حول الدور الوظيفي للفراشات النهارية وفقا لتنوع الغطاء النباتي من أجل الحفاظ على النظم الإيكولوجية للغابات. تم تنفيذ الدراسة الناتجة على مدى ثلاث سنوات (2020 و 2021 و 2022) على مستوى سلسلة جبال الإيدوغ حيث أجرينا حملة أخذ العينات من خلال إتباع إستراتيجية تعتمد على طريقة المقطع العرضي الخطي المستمدة من مخطط مراقبة الفراشات البريطاني حيث تم عد 2392 فرد ، وبعد ذلك حساب وتحليل بيانات إعدادات ترتيب الهيكلية السكانية للفراشات . أجرينا دراسة مقارنة على مستوى نوعين من البيئة : عين البوقال ،موقع طبيعي يتميز بسلسلة مكونة من أربعة أنواع غابية ، وكذلك غابة بلوط الفلين بعد الحريق بسيدي نور على الطريق المؤدي إلى عين بربر. أخيرا ،قمنا بتحليل الجودة الفيزيائية والكيميائية للتربة في الموقعين. من أجل تقييم تفاعل التربة مع الفراشات النهارية. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها 31 نوعا من الفراشات بما في ذلك خمس عائلات تصنيفية : عائلة الكرنيبات ، عائلة الحورائيات ، عائلة النحاسيات ،عائلة النطاطيات وعائلة الفراشيات

تظهر النتائج أن غابة بلوط الفلين وغابة بلوط الزان المختلط يمثلان اغنى التكوينات النباتية من حيث الأنواع والوفرة ، وتتميز هذه الموائل بعدم تجانس تركيبها ومعقد. أخيرا يظهر تفسير النتائج التحليلية للتربة ان الأخيرة تتميز بإمكانية جيدة ،مما يمنح لغابة الإيدوغ خاصية موطن استثنائي مناسبة بشكل بارز لتركيب ووفرة التنوع البيولوجي للفراشات النهارية.

لكلمات المفتاحية : فراشات نهارية -تنوع حيوي-مسكن غابي - تربة- سلسلة الايدوغ الجبلية

# Table des matières



<b>Titre</b>	<b>page</b>
<b>I.INTRODUCTION</b>	<b>01</b>
<b>II.MATERIEL ET METHODES</b>	<b>08</b>
<b>II.1. Présentation de la zone d'étude : le massif de l'Edough</b>	<b>08</b>
<b>II.1.1 Situation géographique</b>	<b>08</b>
<b>II.1.2 Caractéristiques physiques</b>	<b>09</b>
<b>Géologie</b>	<b>09</b>
<b>Pédologie</b>	<b>09</b>
<b>Hydrologie</b>	<b>10</b>
<b>Climat</b>	<b>12</b>
<b>II.1.3 Le Couvert végétal</b>	<b>12</b>
<b>Forêt domaniale de l'Edough</b>	<b>15</b>
<b>II.1.4 La faune</b>	<b>15</b>
<b>II.2. Présentation du modèle biologique</b>	<b>16</b>
<b>II.2.1 Taxonomie</b>	<b>17</b>
<b>II.2.2 Biologie et écologie des Rhopalocères</b>	<b>17</b>
<b>Reproduction et Cycle de vie</b>	<b>17</b>
<b>Cycle du développement</b>	<b>18</b>
<b>a. L'œuf</b>	<b>19</b>
<b>b. La chenille</b>	<b>20</b>
<b>c. La chrysalide</b>	<b>21</b>
<b>d. l'Imago</b>	<b>22</b>
<b>II.2.3 Anatomie externe des papillons adultes</b>	<b>23</b>
<b>a. Tête</b>	<b>23</b>
<b>b. antennes</b>	<b>24</b>

<b>c. Thorax</b>	<b>25</b>
<b>d. Les ailes</b>	<b>25</b>
<b>e. Les pattes</b>	<b>26</b>
<b>f. Abdomen</b>	<b>27</b>
<b>II.2.4 Nutrition</b>	<b>27</b>
<b>II.2.5 Habitat</b>	<b>27</b>
<b>II.2.6 Période de vol</b>	<b>28</b>
<b>Hibernation</b>	<b>28</b>
<b>II.2.7 Ennemis et maladies</b>	<b>29</b>
<b>Les maladies</b>	<b>29</b>
<b>Le parasitisme</b>	<b>29</b>
<b>La prédation</b>	<b>29</b>
<b>Le camouflage</b>	<b>30</b>
<b>L'imitation (Mimétisme)</b>	<b>30</b>
<b>Migration</b>	<b>30</b>
<b>II.2.8 Climat et papillons de jour</b>	<b>30</b>
<b>II.2.9 Importance et rôles</b>	<b>31</b>
<b>a. La bioindication</b>	<b>31</b>
<b>b. La pollinisation</b>	<b>31</b>
<b>c. Intervention dans la dynamique des populations des plantes</b>	<b>32</b>
<b>d. Participation dans la chaîne alimentaire</b>	<b>32</b>
<b>e. importance économique</b>	<b>32</b>
<b>II.2.10 Les menaces des papillons</b>	<b>32</b>
<b>Les causes naturelles</b>	<b>32</b>
<b>Les captures massives</b>	<b>33</b>
<b>Les pesticides</b>	<b>33</b>
<b>Agriculture contre nature</b>	<b>33</b>
<b>La construction des autoroutes</b>	<b>33</b>
<b>Les incendies causés par l'homme</b>	<b>34</b>
<b>II.2.11 Papillons de la région méditerranéenne</b>	<b>34</b>
<b>II.2.12 Les papillons et les feux de forêts</b>	<b>34</b>
<b>II.2.13 Impact des incendies sur l'écosystème forestier</b>	<b>35</b>
<b>Les facteurs influençant l'origine et le développement des feux de forêt</b>	<b>39</b>

<b>Bilan des incendies durant l'année 2021 en Algérie</b>	<b>40</b>
<b>II.3. Généralités sur le Sol</b>	<b>42</b>
<b>II.3.1 Définition et description</b>	<b>43</b>
<b>II.3.2 Constituants du sol</b>	<b>43</b>
<b>II.3.3 Les services écologiques rendus par le sol</b>	<b>44</b>
<b>II.4. Méthodologie générale</b>	<b>48</b>
<b>II.4.1 Description des sites d'étude</b>	<b>48</b>
• <b>Présentation du Site 01 : Ain bocal</b>	<b>48</b>
• <b>Présentation du Site 02 : Sidi Nour</b>	<b>50</b>
<b>II.4.2 Description de la stratégie d'échantillonnage</b>	<b>53</b>
<b>A. Technique de travail sur terrain</b>	<b>53</b>
a) <b>capture des papillons</b>	<b>55</b>
b) <b>comptage</b>	<b>55</b>
c) <b>Conservation</b>	<b>56</b>
<b>B. Technique de travail dans le laboratoire</b>	<b>56</b>
a- <b>Mise mort</b>	<b>56</b>
b- <b>Étalage</b>	<b>56</b>
c- <b>Identification</b>	<b>56</b>
d- <b>Mise en collection</b>	<b>57</b>
<b>II.4.3 Technique d'échantillonnage du sol</b>	<b>57</b>
a. <b>Ph</b>	<b>58</b>
b. <b>Conductivité électrique (CE)</b>	<b>59</b>
c. <b>Humidité (H%)</b>	<b>59</b>
d. <b>Matière organique (MO) ; Carbone organique (CO)</b>	<b>59</b>
e. <b>Granulométrie</b>	<b>59</b>
f. <b>Densité réelle</b>	<b>59</b>
g. <b>Capacité d'échanges cationiques (CEC)</b>	<b>60</b>
h. <b>Azote assimilable</b>	<b>60</b>
i. <b>Phosphore assimilable</b>	<b>60</b>
j. <b>Bases échangeables</b>	<b>60</b>

k. Calcaire total	62
II.4.4 Indices écologiques et analyse statistique des données	62
a. Richesse spécifique	62
b. Richesse spécifique totale	62
c. abondance	63
d. Indice de diversité de Shannon-weaver	63
e. Diversité maximale	63
f. Indice d'équitabilité ou d'équirépartition	63
g. Fréquence d'occurrence	63
h. Analyses et test statistiques	64

### III. RESULTATS 65

#### PARTIE 01 : TYPOLOGIE DES RHOPALOCERES DE L'EDOUGH 65

III.1. Identification taxonomique du peuplement de rhopalocères de l'Edough	65
➤ Famille des Lycaenidae	68
L'Azuré des nerpruns <i>Celastrinia argiolus</i> (Linnaeus, 1758)	68
L'Azuré des cytises <i>Glaucopsyche alexis</i> (Poda, 1761)	69
L'Azuré de la badasse <i>Glaucopsyche melanops</i> (Boisduval, 1828)	69
L'Azuré commun <i>Polyommatus icarus</i> (Rottemburg, 1775)	70
L'Azuré porte –queue <i>Lampides boeticus</i> (Linnaeus, 1767)	71
Le Faux cuivré smaragdin <i>Tomares ballus</i> (Fabricius, 1787)	71
Le Faux-cuivré numide <i>Cigaritis siphax</i> (Lucas, 1849)	72
Le Collier de corail des Canaries <i>Aricia cramera</i> (Eschscholtz, 1821)	73
Le Cuivré commun <i>Lycaena phlaeas</i> (Linnaeus, 1761)	74
➤ La famille des Papilionidea	74
Le Voilier blanc <i>Iphiclides feishthamelii</i> (Duponchel, 1832)	74
La Proserpine <i>Zerynthia rumina</i> (Linnaeus, 1758)	75
➤ Famille des Nymphalidae	76
Le Tircis <i>Pararge aegeria</i> (Linnaeus, 1758)	76
Le Fadet maghrébin <i>Coenonympha arcanioides</i> (Pierret, 1837)	76
Le Vulcain <i>Vanessa atalanta</i> (Linnaeus, 1758)	77

La Belle-Dame <i>Vanessa cardui</i> (Linnaeus, 1758)	<b>77</b>
La Mégère <i>Lasiommata megera</i> (Linnaeus, 1767)	<b>78</b>
Pacha à deux queues <i>Charaxes jasius</i> (Linnaeus, 1767)	<b>79</b>
Le petit monarque <i>Danaus chrysippus</i> (Linnaeus, 1758)	<b>79</b>
Demi- deuil <i>Melanargia galathea</i> (Linnaeus, 1758)	<b>80</b>
Tabac d'Espagne <i>Argynnis paphia</i> (Linnaeus, 1758)	<b>81</b>
Le Myrtil <i>Maniola jurtina</i> (Linnaeus, 1758)	<b>81</b>
➤ Famille des <i>Pieridae</i>	<b>82</b>
La Piéride du chou <i>Pieris brassicae</i> (Linnaeus, 1758)	<b>82</b>
La Piéride de la rave <i>Pieris rapae</i> (Linnaeus, 1758)	<b>83</b>
Le Souci <i>Colias crocea</i> (Fourcroy, 1785)	<b>83</b>
L'Aurore de Provence <i>Anthocharis belia</i> (Linnaeus, 1767)	<b>84</b>
Le Citron de Provence <i>Gonepteryx cleopatra</i> (Linnaeus, 1767)	<b>84</b>
Le citron <i>Gonepteryx rhamni</i> (Linnaeus, 1758)	<b>85</b>
Le gazé <i>Aporia crataegi</i> (Linnaeus, 1758)	<b>86</b>
Le marbré de Cramer <i>Euchloe crameri</i> (Butler, 1869)	<b>86</b>
Le marbré de vert <i>Pontia daplidice</i> (Linnaeus, 1758)	<b>87</b>
➤ Famille des <i>Hesperidae</i>	<b>87</b>
Le Hespérie du chiendent <i>Thymelicus acteon</i> (Rottemburg, 1775)	<b>87</b>
<b>PARTIE 2 : inventaire des Rhopalocères et leurs dynamiques vis-à-vis des associations végétales du massif forestier de l'Edough</b>	<b>89</b>
<b>III.2. Relation et fonctionnalité entre le papillon du jour et l'habitat dans lequel il évolue</b>	<b>89</b>
<b>III.2.1 Relation papillon/habitat exprimée à travers les indices écologiques</b>	<b>91</b>
a. Abondances et richesses	<b>91</b>
✚ Résultats du test ANOVA pour la comparaison des variances	<b>92</b>
b. Indice de Diversité spécifique de Shannon H' et Equitabilité de Blondel E	<b>93</b>
<b>III.2.2 Analyse de la composition du peuplement de rhopalocères</b>	<b>93</b>
Les fréquences d'occurrence de chaque espèce recensée	<b>93</b>

<b>PARTIE 03 : DYNAMIQUE DES RHOPALOCERES EN FONCTION DES PROPRIETES PHYSICO – CHIMIQUES DES HABITATS NATURELS ET POST-INCENDIES</b>	<b>96</b>
<b>III.3.1 Caractérisation des sols</b>	<b>96</b>
a. Granulométrie	<b>96</b>
b. Calcaire total	<b>96</b>
c. Capacité d'échange cationique (C.E.C)	<b>96</b>
d. pH	<b>97</b>
e. Conductivité électrique (CE)	<b>97</b>
f. Azote total	<b>98</b>
g. Phosphore assimilable	<b>98</b>
h. Matière organique	<b>98</b>
i. Densité réelle	<b>99</b>
j. Humidité	<b>99</b>
k. Bases échangeables	<b>100</b>
<b>III.3.2 Inventaire comparatif des rhopalocères des deux subéraies : naturelle et incendiée</b>	<b>101</b>
▪ Richesse spécifique et diversité de Shanon des deux subéraies	<b>103</b>
<b>IV. DISCUSSION GENERALE</b>	<b>105</b>
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES</b>	<b>114</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>115</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>144</b>

## LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
1	<i>les principaux constituants du sol</i>	43
2	<i>Tableau récapitulatif de l'identification taxonomique du peuplement de Rhopalocères</i>	65
3	<b>Effectifs des rhopalocères distribués sur les habitats forestiers</b>	90
4	<b>Les abondances et les richesses des rhopalocères dans chaque habitat.</b>	91
5	<b>L'indice de Diversité spécifique de Shannon H' et Equitabilité de Blondel E</b>	93
6	<b>Les fréquences d'occurrence de chaque espèce dans tous les habitats</b>	95
7	<i>Analyses physico-chimiques des sols des deux subéraies naturelles de Ain Bocal et incendiée de Sidi Nour (Séraïdi) (A : argile ; LF : limon fin ; LG : limon grossier ; SF : sable fin ; SG : sable grossier)</i>	101
8	<i>Liste des espèces de rhopalocères recensées dans deux subéraies (naturelle et incendiée) année 2022</i>	102
9	<i>Indices écologiques des deux subéraies</i>	103

## LISTE DES FIGURES ET PHOTOS

N°	Titre	Page
1	<i>Exemples de services écosystémiques d'approvisionnement, de régulation et culturels fournis par les écosystèmes d'un territoire à des bénéficiaires à différentes échelles</i>	01
2	<i>Effet des actions anthropiques sur les changements globaux, la biodiversité et les facteurs abiotiques sur les propriétés des écosystèmes</i>	03
3	<i>Conception de l'outil de bio évaluation</i>	04
4	<i>Carte de localisation de la zone d'étude</i>	08
5	<i>Carte lithologique de la péninsule de l'Edough</i>	10
6	<i>Cadre physique de l'Edough ; (a) Réseau hydrographique ; (b) Carte des altitudes</i>	11
7	<i>Flore de la strate arbustive et herbacée du massif forestier de l'Edough</i>	14
8	<i>Essences forestières du massif forestier de l'Edough</i>	14
9	<i>La faune terrestre du massif forestier de l'edough</i>	16
10	<i>Accouplement de <i>Polyommatus icarus</i></i>	18
11	<i>Schéma représentant le cycle biologique d'un papillon de jour <i>Aglais urticae</i></i>	19
12	<i>Œufs du papillon <i>Pieris brassicae</i></i>	20

13	<i>Chenille de Papilio machaon</i>	21
14	<i>Chrysalide de Pieris brassicae</i>	22
15	<i>Quelques espèces des rhopalocères adulte (Imagos)</i>	22
16	<i>Anatomie externe d'un papillon adulte Papilio machaon</i>	23
17	<i>Tête d'un papillon adulte Danaus plexippus</i>	24
18	<i>Antennes d'un Rhopalocère adulte Vanessa cardui</i>	24
19	<i>Thorax d'un rhopalocère adulte Papilio machaon</i>	25
20	<i>Une paire d'ailes verso d'un rhopalocère adulte Gonepteryx cleopatra</i>	26
21	<i>Schéma représentant les pattes d'un papillon adulte</i>	26
22	<i>Abdomen d'un rhopalocère adulte Iphiclides feisthamelii</i>	27
23	<i>Effets négatifs et positifs du feu sur L'ordre des lépidoptères</i>	38
24	<i>Surfaces incendiée de la région de Annaba (depuis 2012 jusqu'à 2022)</i>	41
25	<i>La complexité externe et interne du sol</i>	43
26A	<i>Les services écologiques du sol</i>	47
26B	<i>Estimation du nombre d'organismes du sol organisé en fonction de la largeur de leur corps</i>	47
27	<i>Photos du site d'étude Ain Bocal</i>	49
28	<i>Carte représentative des habitats forestiers du site Ain Bocal</i>	50
29	<i>Carte représentative de la localisation du site 02 Sidi Nour</i>	51
30	<i>Photographie du foret incendiée de Sidi Nour</i>	52
31	<i>Photographie du chêne liège</i>	52
32	<i>Photographie du cortège floristique et la flore du maquis</i>	53
33	<i>L'articulation des protocoles</i>	53
34	<i>La méthode du transect linéaire pour l'échantillonnage des rhopalocères</i>	55
35	<i>Protocole de capture et comptage sur terrain</i>	56
36	<i>Protocole de travail au laboratoire</i>	56
37	<i>Clés d'identification utilisés pour la détermination des rhopalocères</i>	56
38	<i>Les points d'échantillonnage du sol dans les deux transects des deux sites</i>	58
39	<i>Protocoles de l'étude du sol au laboratoire Sols et développement durable</i>	62
40	<i>Celastrinia argiolus et son aire de répartition</i>	68
41	<i>Glaucopsyche alexis et son aire de répartition</i>	69
42	<i>Glaucopsyche melanops et son aire de répartition</i>	70
43	<i>Polyommatus icarus et son aire de répartition</i>	70

44	<i>Lampides boeticus</i> et son aire de répartition	71
45	<i>Tomares ballus</i> et son aire de répartition	72
46	<i>Cigaritis siphax</i> et son aire de répartition	73
47	<i>Aricia cramera</i> et son aire de répartition	73
48	<i>Lycaena phlaeas</i> et son aire de répartition	74
49	<i>Iphiclides feishthamelii</i>	75
50	<i>Zerynthia rumina</i> et son aire de répartition	75
51	<i>Pararge aegeria</i> et son aire de répartition	76
52	<i>Coenonympha arcanioides</i> et son aire de répartition	76
53	<i>Vanessa atalanta</i> et son aire de répartition	77
54	<i>Vanessa cardui</i> et son aire de répartition	78
55	<i>Lasiommata megera</i> et son aire de répartition	78
56	<i>Charaxes jasius</i> et son aire de répartition	79
57	<i>Danaus chrysippus</i> et son aire de répartition	80
58	<i>Melanargia galathea</i> et son aire de répartition	80
59	<i>Argynnis paphia</i> et son aire de répartition	81
60	<i>Maniola jurtina</i> et son aire de répartition	82
61	<i>Pieris brassicae</i> et son aire de répartition	82
62	<i>Pieris rapae</i> et son aire de répartition	83
63	<i>Colias crocea</i> et son aire de répartition	84
64	<i>Anthocharis belia</i> et son aire de répartition	84
65	<i>Gonepteryx cleopatra</i> et son aire de répartition	85
66	<i>Gonepteryx rhamni</i> et son aire de répartition	85
67	<i>Aporia crataegi</i> et son aire de répartition	86
68	<i>Euchloe crameri</i> et son aire de répartition	87
69	<i>Pontia daplidice</i> et son aire de répartition	87
70	<i>Thymelicus acteon</i> et son aire de répartition	88
71	effectifs de chaque espèce de rhopalocères dans chaque habitat	92
72	l'indice de Shannon et l'équitabilité de chaque habitat	93
73	Granulométrie des deux subéraies	96
74	Taux du calcaire total des sols des deux subéraies	97
75	Valeurs du CEC des sols des deux subéraies	97
76	Valeurs du pH des sols des deux subéraies	97

<b>77</b>	<b>Valeurs du CE des sols des deux subéraies</b>	<b>97</b>
<b>78</b>	<b>Taux d'Azote total des sols des deux subéraies</b>	<b>98</b>
<b>79</b>	<b>Taux du Phosphore assimilable des sols des deux subéraies</b>	<b>98</b>
<b>80</b>	<b>Représentation graphique du taux de matière organique des sols des deux subéraies</b>	<b>99</b>
<b>81</b>	<b>Valeurs de la densité réelle des sols des deux stations</b>	<b>99</b>
<b>82</b>	<b>Taux d'humidité des sols des deux subéraies</b>	<b>100</b>
<b>83</b>	<b>Teneurs en bases échangeables des sols des deux subéraies</b>	<b>100</b>
<b>84</b>	<b>Inventaire des rhopalocères dans les deux subéraies (naturelle et incendiée)</b>	<b>102</b>

# INTRODUCTION

« Connaître et comprendre la capacité à long terme des forêts à maintenir leur multifonctionnalité, via leurs rôles de production, de service et de refuge pour la biodiversité sont actuellement des préoccupations majeures pour les écologues de la conservation comme pour les gestionnaires forestiers »

(in Charbonnier, 2015)

Un des objectifs majeurs de l'écologie consiste à étudier les facteurs qui interviennent dans l'abondance et la répartition des diverses espèces (Dajoz, 1999), surtout lorsqu'il s'agit des écosystèmes forestiers, considérés comme étant biologiquement plus divers que n'importe quel autre écosystème terrestre (Gosselin et Laroussinie, 2004). La présence d'un couvert forestier a la particularité de modifier localement les conditions écologiques créant ainsi un écosystème spécifique, qui rend des services écologiques de deux natures (Normandin, 1998) : D'abord, les services physico-chimiques qui concernent les influences des forêts sur d'autres éléments naturels (sol, eau, air). Ce sont les rôles de maintien des sols, de régulation du cycle de l'eau, ou de fixation du gaz carbonique. Ensuite, les services biologiques qui prennent en compte le rôle que jouent les forêts dans la conservation de nombreuses espèces animales et végétales, c'est-à-dire la biodiversité (Fig. 1).

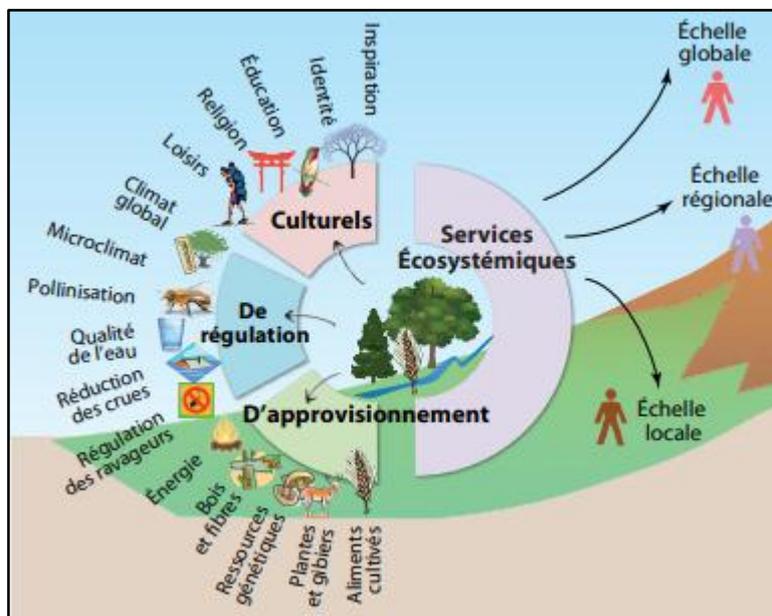
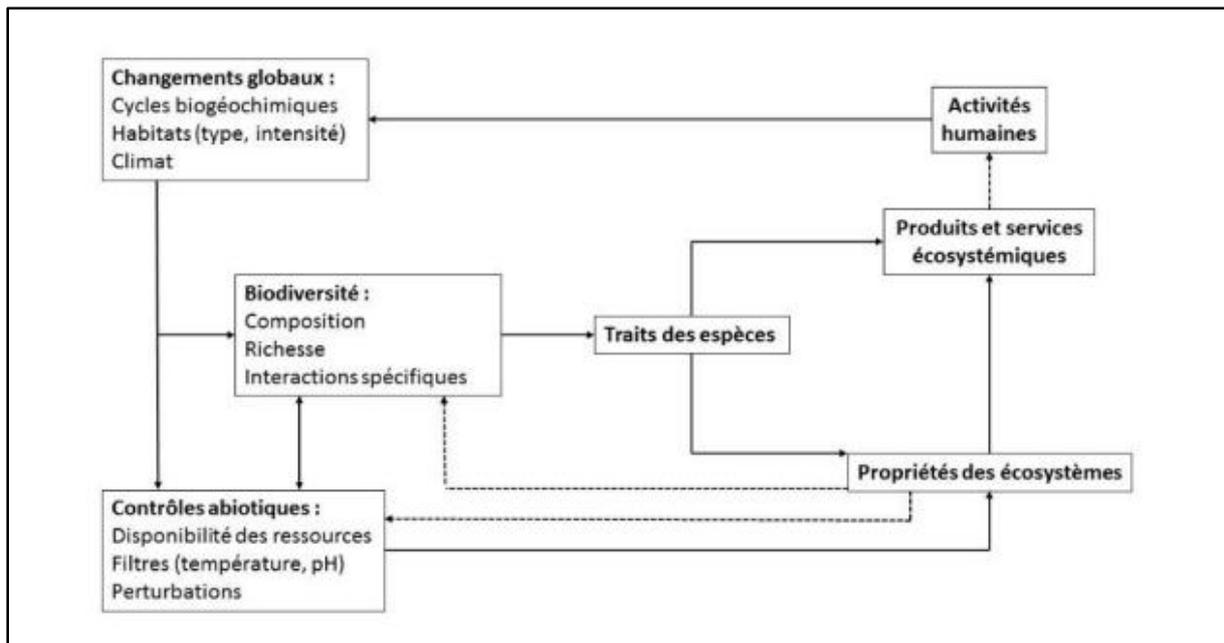


Figure 01 : Exemples de services écosystémiques d'approvisionnement, de régulation et culturels fournis par les écosystèmes d'un territoire à des bénéficiaires à différentes échelles (Locatelli et al., 2017)

Les forêts, en tant qu'écosystèmes, sont extrêmement diversifiés et englobent chacun plusieurs types qui, à leur tour, affichent leurs propres caractéristiques de diversité biologique exceptionnelle (**López-Marcos et al., 2021**). La biodiversité forestière comprend toutes les espèces de plantes, d'animaux et de microbes présents dans la forêt, et non pas seulement les essences forestières (**In Tillier , 2011**). Parmi les indicateurs de biodiversité forestière, on peut distinguer ceux basés sur la combinaison de certaines caractéristiques environnementales, et ceux basés sur une espèce ou un groupes d'espèces (espèces indicatrices) (**Lindenmayer et al., 2000**).

Les écosystèmes forestiers du bassin méditerranéen sont particulièrement intéressants à étudier, véritables mosaïques d'habitats, ils constituent des milieux naturels écologiquement plus riches que les zones cultivées ou les prairies naturelles, et renferment une importante diversité biologique (**Cowling et al., 2005, Médail et Quézel, 2001, Ojeda et al., 2010**), d'ailleurs, bon nombre d'entre elles sont considérées comme de véritables points chauds de biodiversité. Le concept de « hotspots de la biodiversité » constitue sans doute l'un des dispositifs les plus efficaces pour préserver les régions du monde les plus riches sur le plan de la biodiversité mais aussi les plus menacées (**Myers et al. 2000**). Le hotspot du bassin méditerranéen est l'une des régions les plus importantes du monde en termes de plantes endémiques et comprend plusieurs épices de diversité végétale, autant de facteurs qui en font le troisième plus riche de la planète en biodiversité végétale (**Mittermeier et al. 2004**). Pour autant, cette diversité est loin d'être épargnée et bon nombre de facteurs, entre autres les changements globaux (modifications d'utilisation des sols, du climat ou la propagation d'espèces envahissantes) ont des impacts importants sur la diversité biologique des différents écosystèmes, et sont largement incriminés dans les processus d'érosion de la biodiversité (**Sala et al., 2000**). Ces déperditions spatiales et temporelles, à un niveau local comme à un niveau global, pourraient entraîner des modifications du fonctionnement des écosystèmes et compromettre la durabilité de ses bienfaits et services (**Hooper et al., 2005; Clavel et al., 2010**) (**Fig. 2**).



**Figure 02 : Effet des actions anthropiques sur les changements globaux, la biodiversité et les facteurs abiotiques sur les propriétés des écosystèmes (d'après Hooper et al., 2005).**

Si la compréhension de l'influence de la biodiversité sur le bon fonctionnement des écosystèmes forestiers, particulièrement dans la région méditerranéenne, est devenue un des champs les plus actifs en écologie fonctionnelle, bon nombre de travaux se sont penchés sur l'incidence des impacts humains (déforestation au profit de l'agriculture ou de l'urbanisation, fragmentation des habitats et modification de la structure et de la composition des peuplements) (Bartolomé et al., 2005, Fagúndez, 2013). Outre ces perturbations anthropiques, les changements climatiques pourraient fortement impacter ces écosystèmes forestiers, et induire de vastes bouleversements marqués par des épisodes de tempêtes, de sécheresses, de pullulations d'insectes ravageurs, ou encore d'incendies (Gauthier., 2001, Brooks et Lusk, 2008, Vennetier, 2004, Marcisz et al., 2015, Buckingham et al., 2019).

Les incendies ont fortement impacté les écosystèmes méditerranéens, qui subissent chaque année d'importantes dégradations, avec en moyenne 600 000 ha brûlés dans l'ensemble du bassin méditerranéen, constituant ainsi l'une des causes les plus importantes de perturbations (in Hadiby et al., 2022). La variabilité interannuelle des surfaces brûlées est dépendante des conditions climatiques, de la topo-morphologie, des caractéristiques de la végétation et des actions anthropiques (Aponte et al., 2016 ; Turco et al., 2017 ; Calheiros et al., 2021). Paradoxalement, s'ils sont maîtrisés, les incendies peuvent jouer un rôle primordial dans le maintien de la diversité de certaines espèces animales au niveau du paysage forestier, en créant

un habitat de soutien qui leur sont favorables, ou en redynamisant la colonisation de ces territoires (Weyenberg *et al.*, 2004).

Dégradés ou pas, les milieux forestiers méditerranéens restent d'excellents réservoirs de biodiversité (Montgolfier, 2013). Ils sont pourvoyeurs de nombreux bénéfices pour la faune, tant sur le plan diversité botanique, que celui de la distribution spatio – temporelle des différentes essences végétales, offrant des ressources écologiques répondant aux besoins vitaux des animaux. A ces associations végétales s'inféodent de nombreuses espèces animales dont bon nombre d'entre elles sont des espèces bioindicatrices de l'état de santé de l'environnement dans lequel elles vivent (Fig. 3).

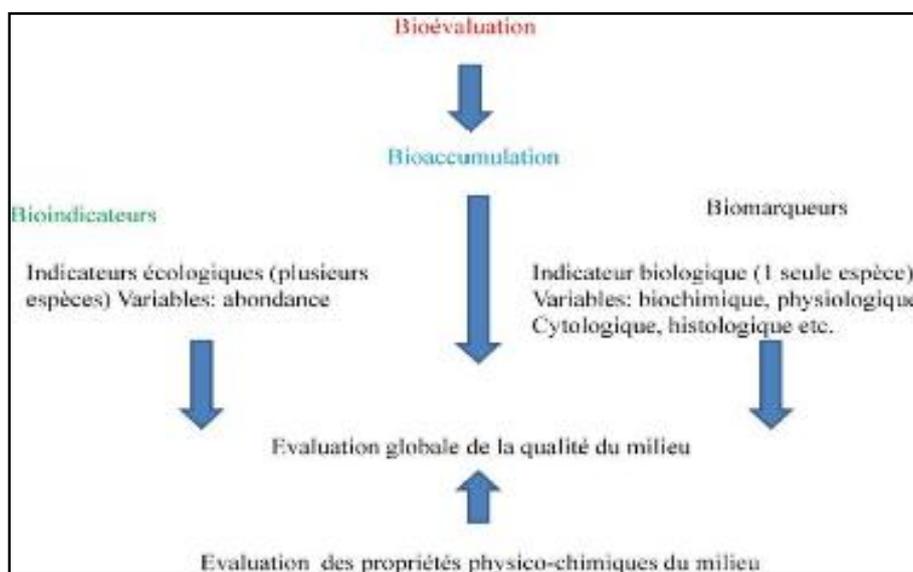


Figure 03 : Conception de l'outil de bio évaluation (in Perez *et al.*, 2000)

Les bioindicateurs sont définis comme des espèces qui, du fait de leurs particularités écologiques, constituent un indice précoce des modifications biotiques ou abiotiques de l'environnement (Faure, 2007). Un bio-indicateur peut être utilisé comme outil pour caractériser l'évolution de l'état écologique d'un écosystème, la forêt le cas échéant, et donc de mesurer le maintien ou la dégradation des conditions environnementales, mais aussi il peut contribuer à examiner l'efficacité et l'efficience des mesures de gestion (Lévêque et Mounolou, 2008 ; Benoit – Chabot, 2014). Parmi ces indicateurs, l'ordre des Lépidoptères est un groupe taxonomique important de la classe des insectes, qui constitue une véritable grille de lecture des écosystèmes (Manil *et al.*, 2007 ; Lee *et al.*, 2005). Ces « insectes-outils » sont de loin les indicateurs les plus précis pour la conservation du patrimoine naturel (Faure 2007 ;

**Tarrier et Delacre 2008**). Leur qualité phare en fait d'excellents promoteurs de projets de conservation de la nature ( **Schlegel et al., 2015** ). Les Lépidoptères ont souvent été utilisés comme substituts de la diversité d'autres taxons (**Viljur et al., 2020**). En raison de leur sensibilité environnementale, ils réagissent rapidement aux changements environnementaux (**Fartmann et al., 2013, van Swaay et al., 2020**). Ils varient dans leur mobilité et se caractérisent par des histoires de vie complexes, un cycle de vie rapide et une grande sensibilité à la superficie et à la qualité de l'habitat ( **Settele et al., 2009 , van Swaay et al., 2020** ). En nombre d'espèces recensées à ce jour, les Lépidoptères trônent à la troisième position après les Coléoptères et les Hyménoptères (**Lebœuf et Le-Tirant, 2012**). Dans une étude récente, il a été estimé que le nombre d'espèces différentes de Lépidoptères variait entre 15 000 à 21 000 espèces à travers le monde ( **Rumana et al.,2023**).

L'étude des Lépidoptères constitue donc une étape obligatoire pour connaître le bon fonctionnement des systèmes écologiques et fonctionnels, dans le sens où ce sont d'excellents marqueurs synécologiques (**Boggs et al., 2003**). En effet, ces insectes parfaitement sténoèces, hautement vulnérables, ne supportent pas un équilibre rompu par la moindre intervention, pression ou nuisance. Ils sont caractérisés par des exigences variées, même s'ils sont aisément détectables et identifiables sur le terrain (**Lafranchis, 2003**). Les lépidoptères sont d'excellents pollinisateurs et indicateurs biologiques, leur déclin indique donc une dégradation du milieu où ils évoluaient traditionnellement. Outre le rôle pollinisateur, ces insectes jouent un rôle majeur dans la chaîne trophique en nourrissant une grande partie d'insectivores et de prédateurs généralistes (**Bonneil, 2005 ; Boukheroufa et al., 2020 ; Belbel et al., 2023**). Si la plupart des espèces sont liées aux milieux herbacés tels que les prairies et les pelouses (**Börschig et al. 2013 ; Lafranchis et al., 2015**), elles fréquentent également les milieux forestiers en fonction de la composition, la structure et l'hétérogénéité des communautés végétales (**Dennis 2004**). Au sein des paysages agricoles, les prairies jouent généralement un rôle d'habitat source tandis que les éléments linéaires (bords de routes, chemins enherbés et bords de champs) peuvent avoir un rôle d'habitat alternatif et/ou de corridor (**Öckinger et Smith 2007a**). Les lisières et les milieux intra forestiers herbacés (clairières, routes forestières, peuplements ouverts) peuvent servir de refuges (**Dover et al. 2000**), et offrir des conditions microclimatiques favorables (**van Halder et al. 2011**). Les Lépidoptères sont apparus en Amériques à la fin du Crétacé, 100 millions d'années après l'origine des angiospermes, et ils se sont d'abord nourris de légumineuses (**Kawahara et al.,2023**). Ils ont longtemps captivé les naturalistes, les scientifiques et le public, et ont joué un rôle central dans les études sur la spéciation, l'écologie

des communautés, les interactions plantes-insectes, le mimétisme, la génétique et la conservation. Il s'agit évidemment du groupe d'insectes le plus étudié (**Chazot et al.,2019 ; Allio et al.,2020**). Les Lépidoptères du sous-ordre des Rhopalocères (ou papillons de jour) sont des espèces particulièrement iconiques aux patrons colorés, qui affichent une grande diversité corrélée aux multiples facteurs abiotiques et biotiques précédemment cités, y compris les adaptations aux nouveaux climats et les interactions entre les espèces, les interactions chenille-hôte et l'histoire géographique (**Boggs et al.,2003**). Ils sont particulièrement appréciés pour leurs valeurs intrinsèques, esthétiques, éducatives, scientifiques, écosystémiques, sanitaires et économiques (**Rumana et al.,2023**). Leur vie se déroule la plus grande partie du temps dans la couronne des arbres, loin du regard humain. Ils se posent sur le sol des chemins forestiers et les routes non revêtues où ils absorbent du liquide. Ils sont également attirés par les excréments, les animaux morts ou la sève des arbres. En outre, ils s'observent dans les heures matinales, par temps humide et chaud ou après des périodes de pluie (**Schowalter et al., 2021**). Les dynamiques des populations des rhopalocères dans les écosystèmes forestiers ont suscité une attention particulière à travers toute leur aire de répartition (**Staab et al.,2023**). En Algérie, bon nombre de travaux se sont intéressés à la biodiversité des Rhopalocères, particulièrement dans le nord est algérien (**Tennent, 1996 ; Samraoui, 1998 ; Remini et Moulai, 2015 ; Saad et Bounaceur, 2019 ; Berkane et al., 2019, 2021 ; Laref et al., 2022**). Cependant, il est nécessaire d'enrichir continuellement ces inventaires, d'étendre les zones de prospection et d'exploiter la diversité rhopalostique comme une appréciation qualitative et quantitative des efforts de reboisement, particulièrement dans les milieux forestiers post – incendiés, qui sont des milieux vulnérables puisque dévastés par des incendies successifs, induisant une érosion importante de la biodiversité végétale et celles des communautés animales associées, les Rhopalocères y compris.

La problématique de thèse s'est construite autour de toutes ces réflexions qui tendent à analyser la pertinence du biomonitoring des Rhopalocères dans l'écosystème forestier, et plus particulièrement au niveau du massif montagneux de l'Edough. Considéré comme un point-chaud régional de biodiversité nommé « Kabylie - Numidie-Kroumirie» (**Véla & Benhouhou 2007**), le massif montagneux de l'Edough abrite de nombreuses zones importantes pour les plantes (**Hamel & al. 2013**), avec une richesse en taxons endémiques et sub-endémiques à aire fragmentée, rarissimes en Algérie, et souvent très localisées (**Yahi & al. 2012 ; Hamel & al. 2013, 2022a, 2022b**). On comprend mieux ainsi toute l'importance accordée à ce site d'exception, tant les travaux sur la biodiversité et le maintien des communautés végétales et

animales associées sont indispensables. En effet, **Hamel et al, 2013** ont répertorié 394 espèces végétales appartenant à 91 familles et 276 genres au niveau du massif forestier de l'Edough , soit une richesse floristique spécifique égale à 9.58 % de la flore vasculaire d' Algérie, dont 24 taxon sont endémiques , 4 sont considérés comme très rares et 41 taxons menacés. Un des facteurs de maintien de cette richesse floristique n'est autre que la dynamique et la biodiversité des rhopalocères, qui assurent des rôles fonctionnels essentiels pour la pérennité de l'écosystèmes forestier ainsi que les autres écosystèmes sous-jacents (**López-Marcos et al., 2021**). C'est à partir de tous ces éléments que nous nous sommes posés un certain nombre de question :

- ***Quelle est la typologie des Lépidoptères rhopalocères du massif forestier de l'Edough ?***

Pour y répondre nous avons réalisé la caractérisation taxonomique de tous les spécimens rencontrés, grâce à des clés dichotomiques.

- ***Quelles sont les habitats forestiers les plus favorables à la survie des papillons, et quelle est la réponse de ces derniers aux différentes associations végétales ?***

Pour répondre à cette question, nous avons calculé des indices écologiques qui déterminent la fluctuation et la distribution des rhopalocères dans les différents habitats , aussi , les test statistiques nous ont permis de repérer les formations les plus abondantes et les moins abondantes.

- ***Est-ce que le sol exerce une influence sur la biodiversité des rhopalocères ?***

Pour vérifier cette hypothèse nous avons effectué une caractérisation pédologique des sols des deux sites avec l'analyse des paramètres physico-chimiques.

- ***Les rhoplocères, possèdent t-ils l'aptitude à coloniser les milieux dégradés en l'occurrence les milieux post-incendiés , et participent-ils à leurs regeneration ?***

Pour y répondre nous avons entretenu un inventaire des papillons au niveau d'une subéraie incendiée et nous avons calculé les abondances et les indices de structure de peuplement. Nous avons comparé les abondances du site post incendié avec celui naturel pour cerner le mouvement des papillons dans un site post-incendie.

## II. MATERIEL ET METHODES

### II.1. Présentation de la zone d'étude : le massif de l'Edough

#### II.1.1 Situation géographique

D'une superficie totale de 48 500 Ha , la péninsule de l'Edough , située au nord de la wilaya de Annaba et à l' extrême Nord-Est de l'Algérie est essentiellement forestière (BNEDER ,2008) et est limitée au Sud-Ouest par le complexe humide Guerbès Senhadja (Toubal et al, 2014), au Sud par le bassin du lac Fetzara, à l'Ouest par le cours inférieur de l'Oued El Kébir et par la plaine de Kharraza à l'Est, au Nord la péninsule est bordée par la mer méditerranée (Oualarbi et Zeghiche, 2009), la région culmine à 1008 mètres à Kef Sabaa . (Fig.4).

Par sa grande importance, la péninsule de l'Edough a suscité l'intérêt des chercheurs et des historiens, et a fait l'objet de nombreux travaux (Joleaud 1912-1936 ; Hilly 1957 ; Lambert 1958 ; Hilly 1962 ; Morel & Hilly 1966 ; Vila 1970 ; Tomas 1977 ; Gleizes *et al.* 1988 ; Marre 1992 ; Hani *et al.* 1997 ; Hammor & Lancelot 1998 ; Frizon de Lamote *et al.* 2000 ; Bruguier *et al.* 2009 ; Oularbi & Ziguiche 2009 ; Toubal-Boumaza 1986 ; de Bélair *et al.* 2005 ; Belouahem-Abed *et al.* 2009-2011 ; Hamel *et al.* 2013, Hamel 2013).

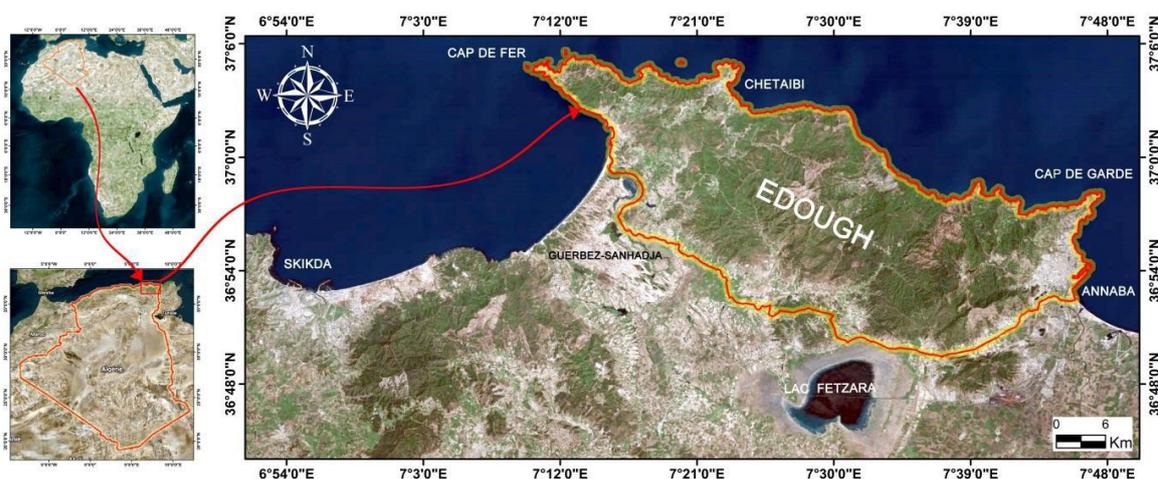


Figure 04 : Carte de localisation de la zone d'étude (présent travail).

## II.1.2 Caractéristiques physiques

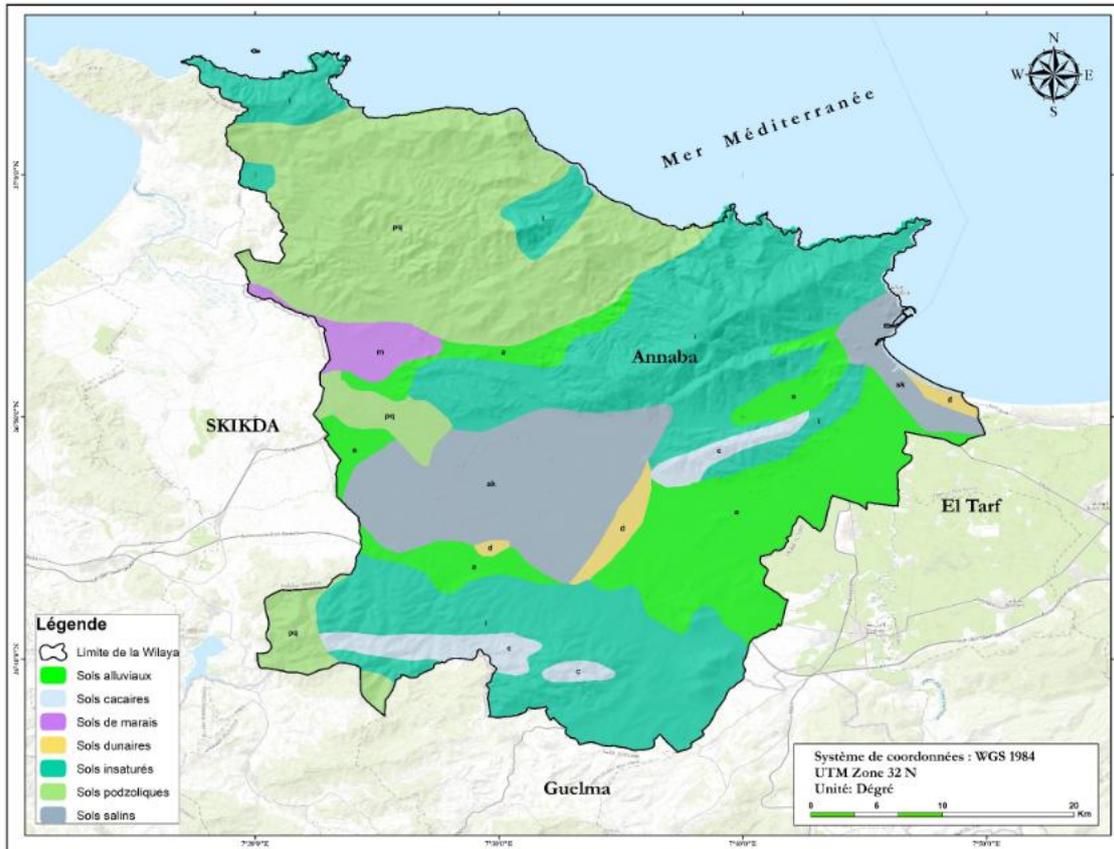
- **Géologie**

**Hilly, 1962** a décrit la péninsule de l'Edough comme 'un ensemble de reliefs d'altitude modérée, véritable îlot montagneux ceinturé par la mer', connu par les fortes pentes de ses versants. L'Edough constitue un dôme cristallin surmonté en accordance tectonique par des unités sédimentaires mésozoïques épizonales d'affinité tellienne. La géologie de l'Edough est formée par trois types de formation de terrains cristallins, terrain éruptifs et métamorphiques, terrain sédimentaires et des terrains sédimentaires quaternaires constituant le remplissage de la plaine (**Toubal, 1986**).

Le cœur du dôme est formé essentiellement de gneiss en association complexe avec des roches ultrabasiques (**Bossière et al, 1978 ; Caby et al, 2001 ; Hadj Zobir et al, 2007**) surmonté par des micaschistes à grenat, disthène et staurotide associé à des marbres surmontés par une alternance des micaschistes à grenat, staurotide et andalousite et de bancs de quartzite avec des lentilles de leucograite gneissique. La série des alternances qui définit l'alternance des micaschistes et de quartzite a été datée du paléozoïque inférieur par les acritarches (**Ilavsky et snopkova, 1987**).

- **Pédologie**

Le massif de l'Edough correspond aux formations cristaltophilliennes, éruptives, sédimentaires et métamorphiques. La carte lithologique (Fig. 05) montre une grande surface occupée par les grès de Numidie, une autre par les gneiss: ces roches silicieuses donnent un substrat acide; les sols s'apparentent à des sols bruns forestiers et des sols bruns lessive l'humidité jointe à l'acidité détermine parfois des sols à tendance podsoliques, surtout ceux qui se forment sur des grès numidiens (**Durand, 1954 ; Debalzac , 1959 in Toubal 1989**).

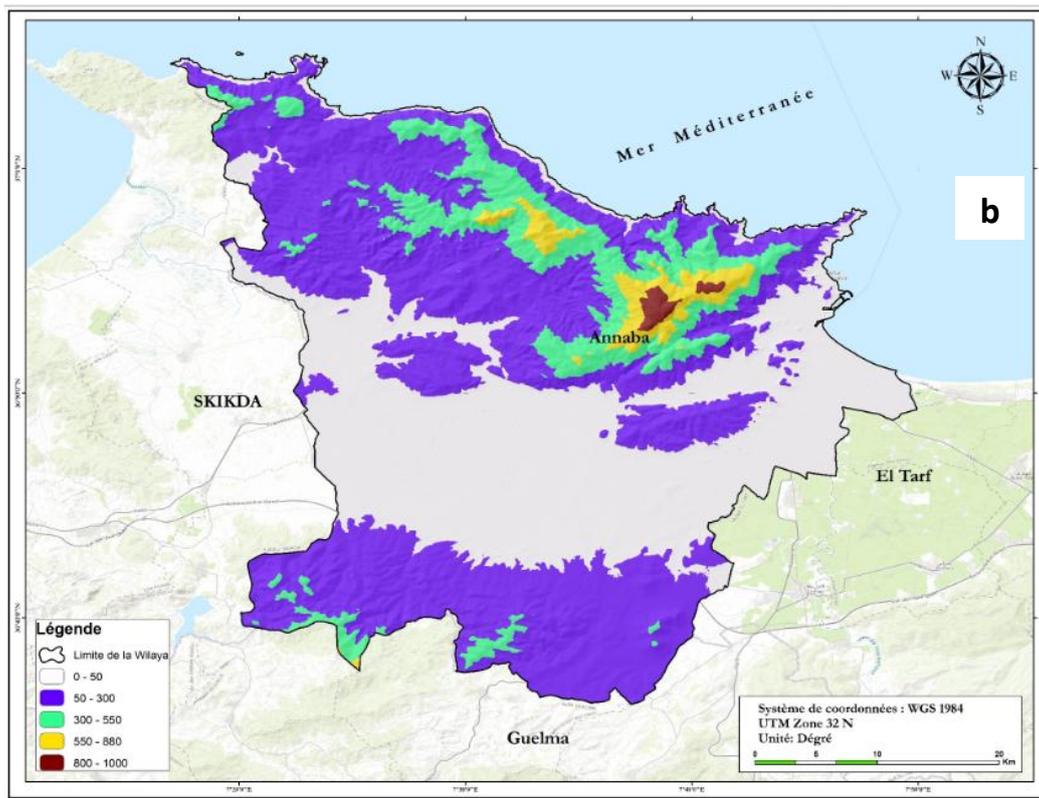
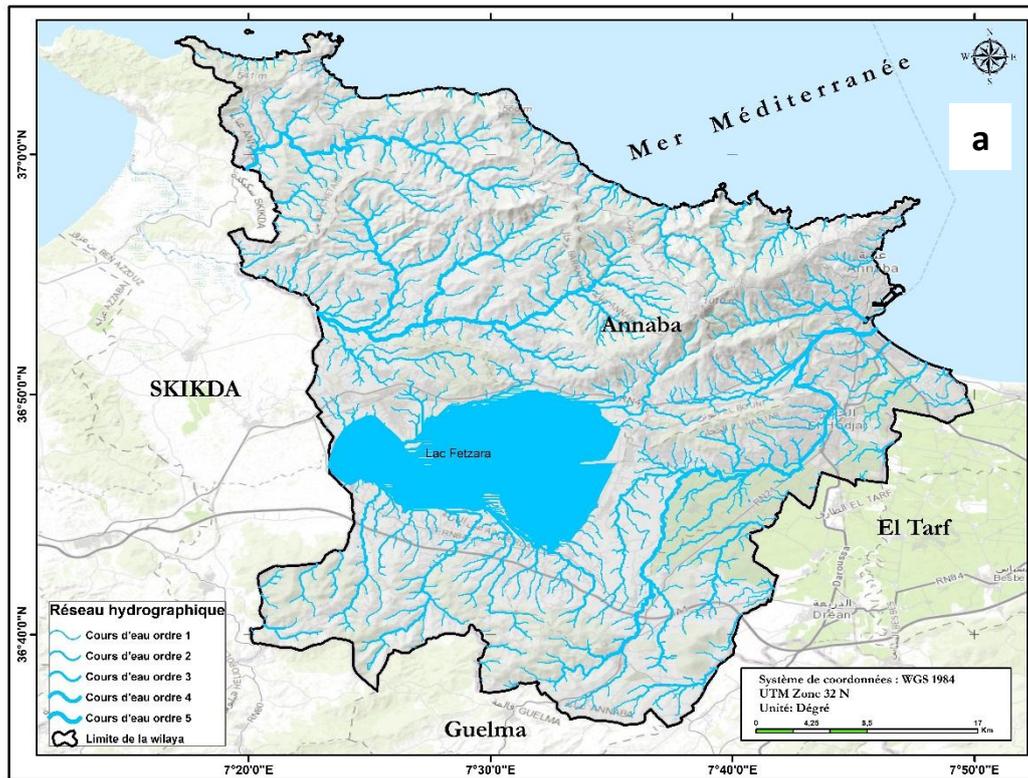


**Figure 05 : Carte lithologique de l'Edough (présent travail).**

- **Hydrologie**

La péninsule de l'Edough comporte quatre bassins versants plus ou moins limités par les lignes de crêtes principales. Le réseau hydrographique y est très dense et le drainage de type dendritique. Les fortes pentes et la nature de la roche ne permettent pas le ruissellement diffus et favorisent l'écoulement rapide. Les précipitations y sont abondantes dépassant souvent le mètre (**Hadj Zobir, 2012**). Ces caractéristiques influent sur le degré de sensibilité à l'érosion de la région (**Oularbi et Zeghiche, 2009**).

Dans la saison de sécheresse, les innombrables Oueds de la région perdent leurs eaux, ce qui diminue leur débit. Mais cette eau chemine à travers des fissures et des cavités pour donner de nombreuses sources au niveau du territoire de la région (**Aouadi, 1989**).



**Figure 06 : Cadre physique de la péninsule de l'Edough ; (a) Réseau hydrographique ; (b) Carte des altitudes (présent travail).**

## **Climat**

Le climat méditerranéen règne sur la région, caractérisé par deux saisons distinctes, l'une fraîche, humide et pluvieuse et l'autre chaude et sèche (**DGF, 2002**). Il est fréquent que des brumes ou des nuages couvrent l'Edough depuis 600 mètres alors que sur le littoral le ciel est dégagé vers 10 h (**Bardinet, 1981**).

### **a. Les précipitations**

Les précipitations variaient selon un gradient altitudinal, à partir du niveau de la mer jusqu'à 1008 m le point culminant de la région. Les précipitations sont très abondantes dépassent souvent le 1 mètre annuellement (*in* **Boulemtafess, 2015**).

### **b. Les températures**

Les variations de température suivent plusieurs critères, en fonction de la saison, la latitude, l'altitude et les conditions atmosphériques, dans la péninsule de l'Edough les moyennes mensuelles de températures les plus élevées sont observées pendant la période allant de Juin à Août, et les plus basses sont observées pendant la période allant de Novembre à Mars, (**Oularbi et Zeghiche, 2009**).

### **c. Les vents**

Le vent agit de façon continue au niveau du littoral de l'Edough, il a un effet direct sur la végétation, le sol et les roches en infligeant des dommages physiques, ou indirect en modifiant les autres facteurs climatiques comme, la distribution des pluies, diminue les températures et augmente l'évaporation. Les vents dominants sont ceux du Nord-Ouest qui importent les précipitations les plus importantes, ils sont caractérisés par des vitesses très élevées, et les vents du Sud-Est nommés Sirocco sont chauds, leur maximum de fréquence s'observe au mois d'août (**Seltzer, 1946**).

## **II.1.3 Le Couvert végétal**

Le massif de l'Edough dont les altitudes vont de 0 à 1008 m, est essentiellement occupé par les terres forestières (forêts, maquis et reboisements) sont dominantes avec une superficie de 45 802 Ha soit 94,4% de la superficie totale de la zone. L'occupation du sol à dominance forestière avec un taux de boisement de 80 % ; mais le couvert forestier est dégradé et clairsemé en raison de la pression animale (surpâturage). Les terres à cultures sont modestes et ne couvrent que 5,3 % de la superficie totale de la péninsule. Les maquis représentent 65 % de la superficie occupée par les terres forestières dont les deux tiers à l'état de maquis arboré ce qui témoigne de l'état de dégradation des forêts. Les forêts proprement dites ainsi que les reboisements couvrent une

superficie de 16054 Ha soit 35 % des formations forestières de la zone (**BNEDER ,2008**) constitués par les essences végétales suivantes :

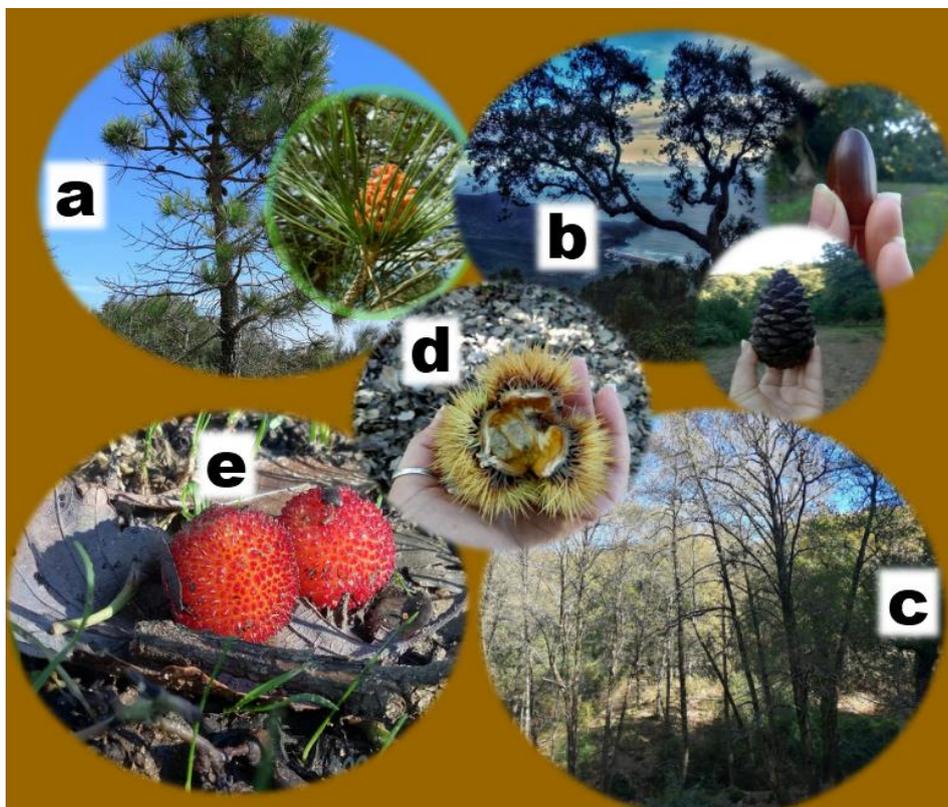
Le chêne liège (*Quercus suber*), le chêne zen (*Quercus canariensis*), L'olivier (*Olea europaea*), Pin maritime (*Pinus pinaster*), châtaignier (*Castanea sativa*), Bruyère arborescente (*Erica arborea*). La répartition de la végétation se fait suivant les conditions écologiques locales : altitude, topographie, substrat et bioclimat. La flore régionale de l'Edough se caractérise essentiellement par les légumineuses arbustives (*Cytisus*, *Calycotome*, *Genista*,...), les rosacées (*Cerasus*, *Rubus*, *Crataegus*), les éricacées et les cistacées.

Les groupements végétaux se rangent dans 3 étages altitudinaux de végétation qui succèdent de bas en haut comme suit :

- L'étage thermoméditerranéen : Nettement thermophile, qui se caractérise par l'oléolentisque à caroubier (0 à 500 m ) ,avec pour espèces principales : *Pistacia lentiscus* ,*Olea europea* , *Nerium oleander* , *Ceratonia siliava* , *Chamaerops humilis* , *Porasium majus* .
- L'étage mésoméditerranéen : Qui regroupe les chênaies persistantes à chêne-liège et les groupements climatique à pin maritime (500 à 800). Les espèces qui s'y distinguent sont : *Quercus suber*, *Pinus pinaster*, *Quercus faginea* ,*Pteris aquilina* , *Cerasus avium* , *Cytisus crifolorus* , *Ericaarborea* , *Lavandula stoechos* ,*Arbutus unedo* , *Phillyrea media* , *Daphne gnidium* , *Myrtus communis*.
- L'étage supraméditerranéen : domaine de la chênaie caducifoliée à chêne-zeen audessus de 800 m environ, on y trouve également : (*Castanea sativa*) , (*Ilex aquifolium*) , (*Alnus glutinosa*) , (*Viburnum tinus*) , (*Ceataegus monogyna*) , (*Cyclamen africanum*) (**Toubal, 1989**).



**Figure 07 : Flore de la strate arbustive et herbacée du massif forestier de l'Edough (© LAREF Nariman)** ( a : *Myrtus communis* b : *Crataegus monogyna* c : *Cytisus villosus* d : *Calicotome villosa* e : *Erica arborea* f : *Iris unguicularis* g : *Taraxacum.sp* h : *Cistus salviifolius* i : *Oxalis pes-caprae* j : *Bellis sylvestris* )



**Figure 08 : Essences forestières du massif forestier de l'Edough (© LAREF Nariman)** (a : *Pinus pinaster* ; b : *Quercus suber* ; c : *Quercus canariensis* d : fruit de *Castanea sativa* e : fruit de *Arbutus unedo* )

#### • Forêt domaniale de l'Edough :

S'étend sur une superficie de 2 961 Ha, une forêt caractérisée par la dominance de vieilles futaies de Chêne liége et de Chêne Zéen qui couvrent 2 145 Ha, soit 72% de la superficie totale de la forêt. 1 109 Ha de vieilles futaies de Chêne liége dont 638 Ha sont claires et 468 Ha sont denses, 1 036 Ha de vieilles futaies de Chêne Zéen, dont 935 Ha sont denses et 101 Ha sont claires, Les 28% des formations forestières restantes sont constituées de maquis : 816 Ha dont:  
- 739 Ha de maquis arborés denses de Chêne liége  
- 77 Ha de maquis denses

Les forêts de type 2 occupent une superficie de 38 165 Ha dont :

11 340 Ha (30%) de forêts proprement dites de Chêne liége et de Chêne zéen dont plus de la moitié au stade de jeunes futaies claires . 25 923 Ha ( 68%) de maquis dont 16 349 Ha ( 63%) arborés de Chêne liége. Les espèces du maquis sont par ordre d'importance, l'Oléastre , le calycotome , le lentisque la bruyère, la fougère , le genêt et le diss . **(BNEDER ,2008).**

#### II.1.4 La faune

La faune du massif forestier de l'Eduogh n'est plus la même, l'ours et le lion ont complètement disparu. Elle se compose de la plupart des espèces communes en Algérie du nord : le loup doré d'Afrique (*Canis anthus* ), la genette commune (*Genetta genetta*), le renard roux (*Vulpes vulpes*), le sanglier (*Sus scrofa*), la mangouste (*Herpestes ichneumon*), le hérisson d'Algérie *Atelerix algirus*, la musaraigne musette (*Crocidura russula*), le mulot sylvestre (*Apodemus sylvaticus*). Le porc-épic (*Erethizon dorsatum*). Parmi les oiseaux on peut citer la bus, l'épervier le pigeon ramier, le merle, le rouge gorge, le huppe fascié, la mésange , la grive et le Geal **(DGF, 2006)** . On peut citer aussi quelques espèces d'insectes comme les papillons dont l'Azuré commun (*Polyommatus icarus*), Jason ou Pacha à deux queues (*Charaxes jasius*) et le Citron de Provence (*Gonepteryx cleopatra*).

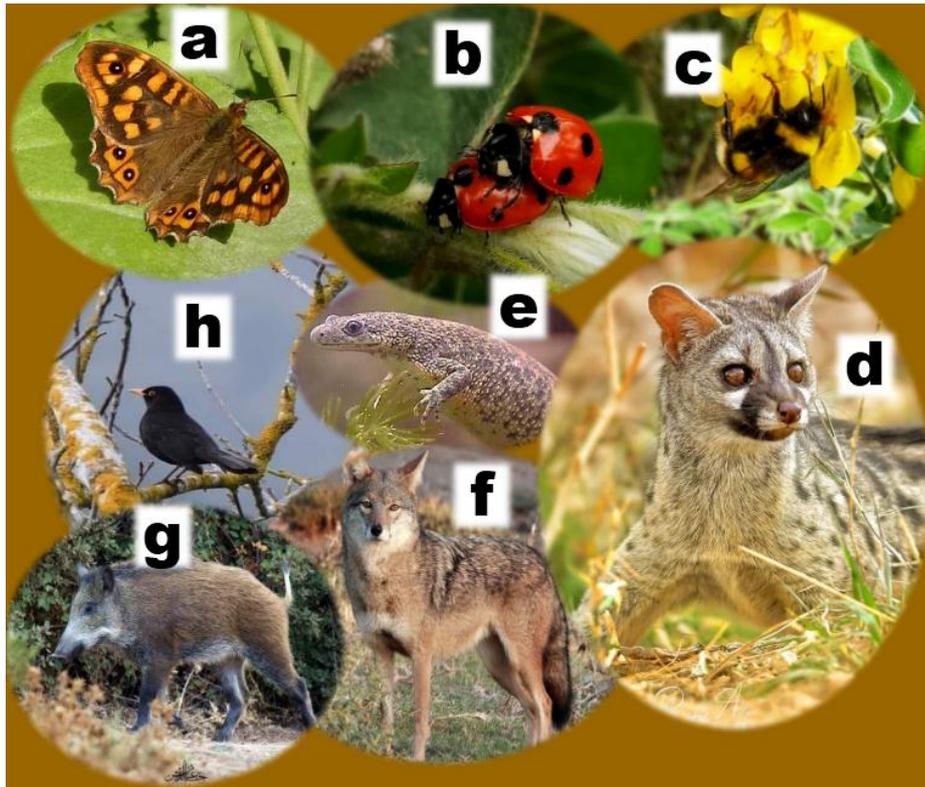


Photo 09 : La faune terrestre du massif forestier de l'edough

(Entomofaune : a : *Pararge aegeria* © Laref Nariman ; b : *Coccinella algerica* © Laref Nariman ; c : *Bombus terrestris* © Laref Nariman ; Mammifères : d : *Genetta genetta* © Rabie atlas ; f : *Canis anthus* © Benmokhtar Hakim ; g : *Sus scrofa* © Ayache Khaled ; Oiseaux : h : *Turdus merula* © Ghaoui Omar ; amphibiens : e : *Pleurodeles poireti* © Dadci Walid )

## II.2. Présentation du modèle biologique

Les Lépidoptères sont des métazoaires triploblastiques coelomates de forme filiforme; appartenant à la Classe des Insectes, Embranchement des Arthropodes. Cet Ordre est divisé en deux sous-ensembles : les Hétérocères ou « papillons nocturnes » et les Rhopalocères ou « papillons diurnes ». Les Rhopalocères sont des insectes de taille moyenne à grande, pourvus de couleurs assez vives portant deux paires d'ailes membraneuses couvertes de minuscules écailles de couleurs vives, redressées verticalement au-dessus du corps au repos et jouant un rôle prépondérant dans la reproduction. Quant aux antennes, dont la taille vari de quelques millimètres à environ 30 mm (Tolman & Lewington, 1999), elles sont robustes, filiformes et se terminent par une massue (Saidi, 2013). Au repos, ces insectes relèvent leurs ailes verticalement au-dessus du corps, ce dernier est généralement svelte, voire fluet (Chinery, 1988 in Frahtia, 2002).

Le terme « rhopalocère », qui vient du grec *rhopalon* (massue) et *keras* (corne ou antenne) nous indique que les papillons diurnes sont dotés d'antennes à l'extrémité renflée comme une massue. Par opposition, les papillons nocturnes sont nommés « hétérocères » du grec *hetero* (autre) car la forme de leurs antennes sont autres : filiformes, plumeuses ou encore larges sur toute la longueur. Contrairement aux Rhopalocères, les Hétérocères ne volent qu'au crépuscule ou durant la nuit (A l'exception des Zygènes qui ne se rencontrent qu'en journée) (**Mollier Pierret, 2012**). Se rangent parmi les papillons nocturnes toutes les espèces dont les antennes ne se terminent pas en massue mais qui épousent des formes très variées. En position de repos, les ailes postérieures sont presque toujours entièrement ou partiellement cachées par les antérieures (**Frahtia, 2002**). Les Hétérocères présentent fréquemment des couleurs ternes et ils sont souvent très petits.

Au sein des écosystèmes, les papillons de jour remplissent plusieurs rôles : Ils régulent la production végétale à travers l'alimentation des chenilles, ils constituent un maillon important de la chaîne alimentaire pour de nombreux oiseaux et petits mammifères et ils participent à la pollinisation des plants à fleurs. Ils constituent en outre de véritables bio-indicateurs de l'état de santé des milieux naturels (**Bence et al ., 2016**).

### II.2.1 Taxonomie

Les Rhopalocères appartiennent au :

- **Embranchement** : arthropodes
- **Classe** : insectes
- **Ordre** : Lépidoptères (**Loyer et Petit, 1994**),
- **Familles** : selon **Leraut, 1992** on distingue :

***Papilionidae***: Environ 700 espèces

***Pieridae***: Près de 1500 espèces

***Nymphalidae***: Plus de 6000 espèces

***Lycaenidae***: Cette famille regroupe 6000 espèces

***Hesperiidae***: environs 4000 espèces

### II.2.2 Biologie et écologie des Rhopalocères

#### ❖ **Reproduction et Cycle de vie**

Chez les Rhopalocères, la rencontre des sexes repose avant tout sur les stimuli visuels ; toutefois, des signaux olfactifs entrent en jeu vers la fin de la parade nuptiale. Chez la plupart des Hétérocères, seuls interviennent les stimuli olfactifs (**Chinery, 1988**). Les phéromones

ayant mis la femelle dans de bonnes dispositions, le mâle est prêt à l'accouplement, quand leur organe sexuel entre en contact et que la copulation commence, le mâle est dans une direction opposée à celle de la femelle, alors il transmet le spermatophore (capsule remplie de sperme), que la femelle reçoit dans la poche copulatoire (**Chinery et Cuisin, 1994**). L'accouplement peut durer de quelques minutes à plusieurs heures (**Mollie-Pierret,2012**).

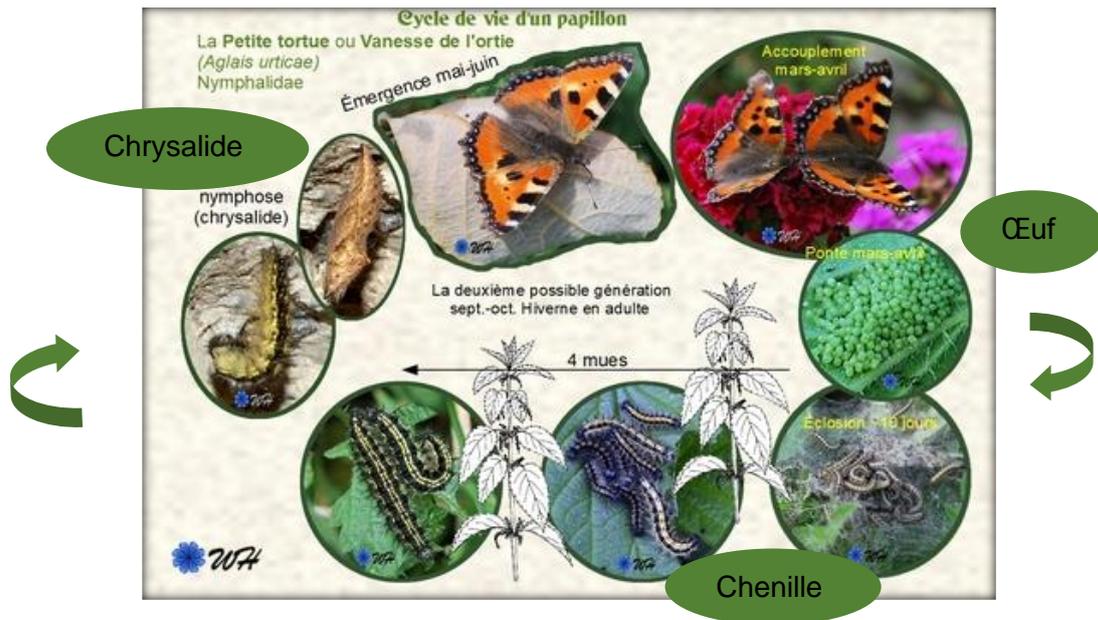


**Figure 10 : Accouplement de *Polyommatus icarus* (©Moulhassene Lazhr)**

#### ❖ Cycle du développement

Le cycle de vie des Lépidoptères comporte quatre stades bien distincts et invariables : L'oeuf d'où éclot la chenille, laquelle se transforme en chrysalide d'où émergera un papillon adulte ou imago . Ce remarquable processus de transformation constitue les métamorphoses complètes qui rangent les Lépidoptères parmi le groupe d'insectes Holométaboles (**Tolman & Lewington, 1999**).

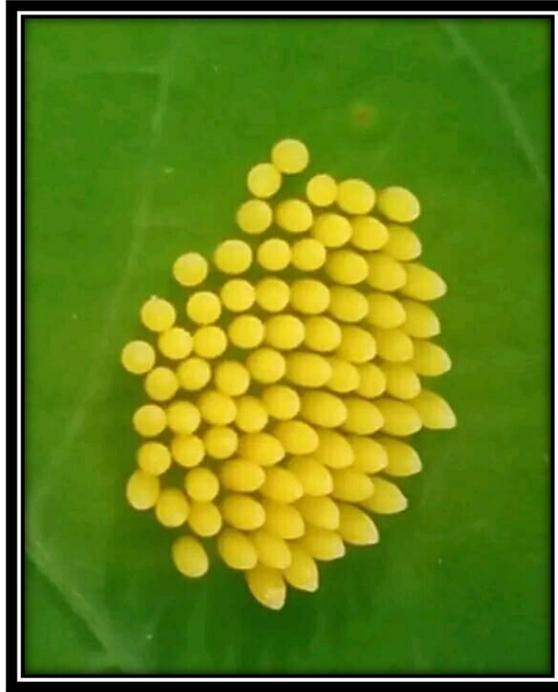
En général, le cycle complet dure le plus souvent de 3 à 12 mois, cependant les records extrêmes étant de 21 jours et de 2 ans (**Langlois,2007**)



**Figure 11 : Schéma représentant le cycle biologique d'un papillon de jour ; *Aglais urticae* (Google)**

**a. L'œuf :**

C'est après l'accouplement que la femelle pond ses œufs soit un par un, soit par petits groupes et plus rarement en masse, sur une ou plusieurs plantes particulières appelées "plantes Hôtes" qui serviront de nourriture aux futures chenilles. Certaines espèces larguent même, Leur œufs en plein vol ,Il s'agit d'espèces dont les chenilles peuvent se nourrir de beaucoup de variétés de plantes, et les œufs ont donc de grandes chances de tomber sur une plante hôte. Le nombre d'œufs varie d'une vingtaine au millier, leur taille fait environ 0,5 à 3mm, de formes et couleurs variées en générale semblables à un ver, suivant les espèces (**Mollier-Pierret, 2012**). La majorité des Rhopalocères pondent entre 100 et 300 œufs (**Bergerot, 2016**) qui après quelques jours ou au bout de tout un hiver (Pour certaines espèces) finissent par éclore pour enfin donner naissance aux chenilles (**Mollier-Pierret, 2012**).



**Figure 12: Œufs du papillon *Pieris brassicae* (© Saci Ammar)**

**b. La chenille :**

Dans l'œuf, l'embryon se transforme peu à peu en chenille, une fois l'œuf éclot, la minuscule chenille commence à se nourrir et ronge la coquille tendre de son œuf (membrane externe) à l'aide de ces mandibules et la mange car elle lui apporte des sels minéraux et des bactéries nécessaires à son développement , Elle se nourrira par la suite, de sa plante hôte en commençant par les fleurs et l'épiderme des feuilles, sa seule préoccupation sera donc de s'alimenter pour accumuler ainsi les réserves nécessaires à sa transformation, En quelques semaines, la chenille peut multiplier son poids fois 100 suivant l'espèce, Pour grandir elle doit muer et pour cela elle change de peau quatre fois (Ce nombre varie de deux à dix fois suivant les espèces), Avant chaque mue, la chenille cesse de s'alimenter et s'immobilise, les cellules de l'épiderme se multiplient jusqu'à former une seconde peau bien plus large, en aspirant de l'air, la chenille fait gonfler et éclater sont ancienne peau dont elle se sépare (**Mollier-Pierret, 2012**)



**Figure 13 : Chenille de *Papilio machaon* (©Mezaguer Hamid)**

### **c. La chrysalide :**

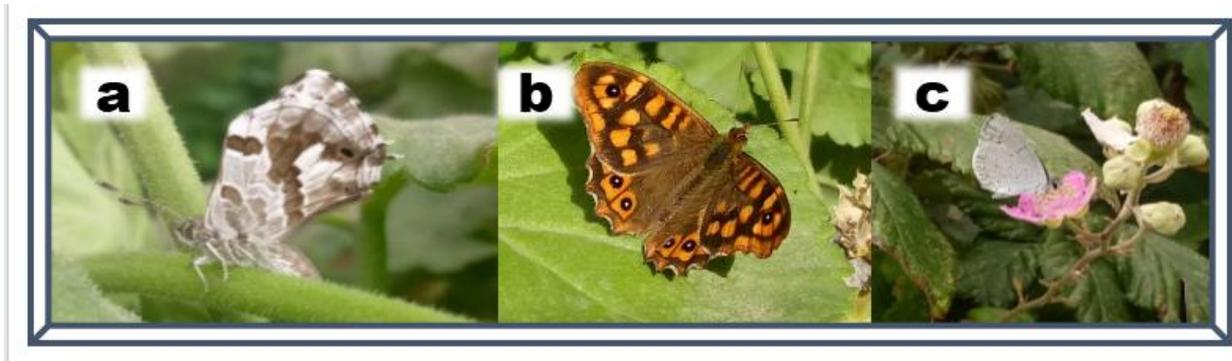
les chrysalides présentent une grande diversité de formes et de couleurs, Chez les Rhopalocères, elles sont aériennes et nues , Elles sont soit suspendues la tête en bas, retenues par le crémaster au coussinet soyeux préalablement tissé sur le support par la chenille (Chrysalide suspendues) soit fixées la tête en haut et entourée d'une soie circumthoracique (Chrysalides succinctes), Cependant on peut les trouver nues (Chrysalides nues) reposant simplement sur le sol, parmi les touffes de Graminées, ou dissimulées sous les pierres (**Frahtia,2002**) .Certaines chrysalides ont de beaux reflets dorés, la chenille en fin de croissance mue une dernière fois pour se transformer en nymphe, quand elle se fixe par l'extrémité de son corps à un support quelconque, elle rejette sa vieille peau d'avant (**Albouy,2001**) se réorganisent pour s'adapter à la vie future du papillon ,le cerveau et les yeux grossissent, les antennes s'allongent, les mandibules rétrécissent et la trompe se développe, le tube digestif devient tout petit et les organes reproducteurs apparaissent, au bout de quelques jours l'ancienne peau de la chenille se fend et la chrysalide, dont la peau est molle, se tortille une dernière fois pour se débarrasser de cette vieille peau encombrante, après quelques heures, sa peau devient rigide et dure, la vie de la chrysalide peut aller de 7 jours à plusieurs mois suivant le temps et les espèces (**Mollier-Pierret, 2012**).



Figure 14. Chrysalide de *Pieris rapae* (© Laref Nariman)

**d. l'Imago :**

Dans la chrysalide, le corps de la chenille se liquéfie complètement et se réorganise pour devenir peu à peu un papillon, peu avant l'éclosion, la peau de la chrysalide devient transparente et laisse deviner le corps du papillon, là encore, son corps se remplit d'air et brise la chrysalide d'où il va s'extraire. Pour déployer ses ailes encore humides et chiffonnées. Le papillon va faire circuler le sang dans les nervures des ailes et bien les faire sécher avant de s'envoler (Mollier-Pierret, 2012). Un papillon adulte vit généralement entre un jour et six Mois (Faure, 2007).



a : *Cacyreus marshalli* Sur une *Pelargonium hortorum* L / b : *Pararge aegeria* sur *Pelargonium hortorum* L / c : *Celastrina argiolus* sur *Rubus ulmifolius*

Figure 15. Quelques espèces des rhopalocères adulte (Imagos) (© Laref .N)

### II.2.3 Anatomie externe des papillons adultes

Comme tous les insectes, les papillons possèdent un exosquelette qui donne sa forme à l'insecte et auquel se rattachent les muscles, le corps du papillon se compose de petits anneaux groupés à certains endroits pour former des unités corporelles plus importantes, la tête qui porte les yeux et les antennes, le thorax qui porte les pattes et les ailes et enfin l'abdomen qui contient le tube digestif et les organes reproducteurs (Tolman et Lewington 1999).

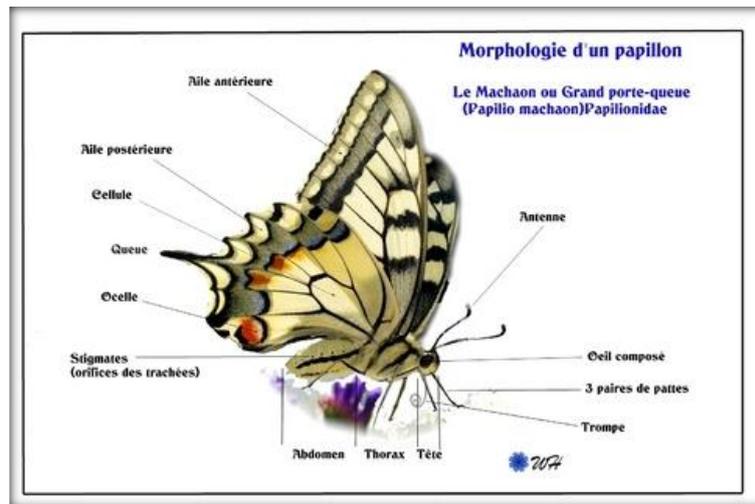


Figure 16 : Anatomie externe d'un papillon adulte *Papilio machaon* (crédit : Walter Heimberg)

**a. Tête :** La tête des papillons est de forme grossièrement sphérique et dont la mobilité est fort restreinte, Elle possède deux gros yeux composés chacun de près de 6 000 lentilles cornéennes qui jouent chacune le rôle d'un petit œil et captent une fonction du signal visuel (Doziers,2017). Permettant un large champ de vision mais uniquement pour un spectre de couleur limité, le front est situé entre les yeux et porte souvent une touffe de poils (Tolman et Lewington 1999), la face ventrale de la tête porte la trompe enroulée d'un type suceur-lécheur (Proboscis) qui n'existe qu'à l'état adulte, constituée de deux gouttières formant un canal servant à aspirer le nectar (Mollier-Pierret, 2012).



**Figure 17 : Tête d'un papillon adulte *Danaus plexippus* (© Wyoosumran)**

**b. antennes :** Les antennes des papillons ont le même rôle que le nez chez l'homme, à la différence près qu'elles sont incomparablement plus sensibles aux odeurs, le fait que les deux organes olfactifs soient séparés leur permet de localiser des sources d'odeurs, de la même façon que nous pouvons localiser des sources sonores par stéréophonie, il existe plusieurs types d'antennes : les antennes des rhopalocères sont en forme de massue, tandis que celle des hétérocères sont de formes variées, le plus souvent ramifiées, ce qui augmente la surface sensible et permet une plus grande efficacité, cela s'explique par le fait que, de nuit, les insectes ne peuvent compter sur leur vue pour se repérer, ils utilisent donc les odeurs pour trouver les fleurs et les partenaires. Les papillons peuvent sentir des phéromones à plusieurs kilomètres, lorsqu'ils ont repéré une source d'odeurs, ils s'y dirigent en détectant la concentration des molécules de parfum présentes dans l'air, concentration qui se fait plus importante à l'approche de la source. Elles portent 1700 poils munis de pores et de vésicules sensorielles qui répartissent l'information dans le système nerveux, la longueur des antennes est variable et peut atteindre, chez certaines espèces, jusqu'à trois fois la longueur du corps (**Dozières et al ,2022**).



**Figure 18 : Antennes d'un Rhopalocère adulte *Vanessa cardui* (© Claude fortin)**

**c. Thorax :** Centre moteur du corps, il se compose de trois segments : Le prothorax, le mésothorax et le métathorax. Il est relié à la tête par un cou étroit et renforcé par des plaques rigides de chitine (*in Frahtia,2002*) , Il est constitué de deux ailes nervurées composées d'une fine membrane chitineuse, ces organes du vol sont recouverts de milliers de petites écailles aplaties alignées comme les tuiles d'un toit et attachées à la membrane alaire par un petit pédicelle, ces écailles sont des poils modifiés couvertes d'un imperceptible film cireux, sur lesquelles sont présents des ocelles ronds colorés dont le nombre et la couleur sont caractéristiques de chaque espèces (*Dozieres,2017*). La coloration des écailles est due à des pigments (Coloration physique) et à des phénomènes de réseaux ou de lames minces (Coloration optique). On distingue deux types d'écailles : écailles de couverture à l'origine des dessins alaires par les pigments qu'elles contiennent et les écailles spécialisées, odoriférantes (Androconies propres aux mâles dont les substances chimiques volatiles assurent la dispersion de phéromone qui contribuent au rapprochement des sexes (*in Frahtia,2002*).



**Figure 19 : Thorax d'un rhopalocère adulte *Papilio machaon* (© REDA&CO)**

**d. Les ailes :** Les ailes au nombre de quatre, sont formées d'un réseau de nervures rigides et chitineuses que tend une membrane couverte d'écailles, les nervures, ou vaisseaux de l'aile, permettent la double circulation de l'air (trachées) et du sang (lacunes sanguines), mais ces vaisseaux ne sont irrigués qu'au début de la vie de l'insecte parfait : à l'extrémité des ailes, ils se durciront bientôt, rendant toute circulation impossible.

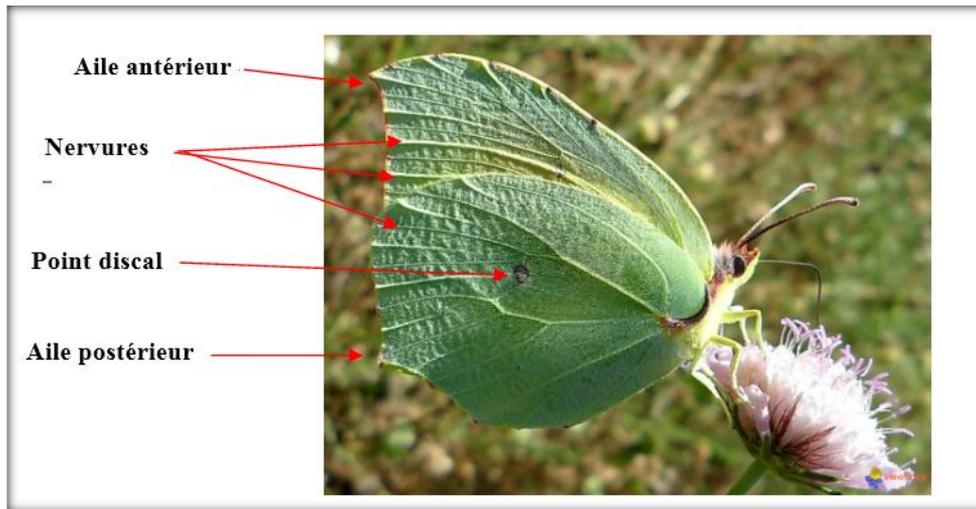


Figure 20 : Une paire d'ailes verso d'un rhopalocère adulte *Gonepteryx cleopatra* (© Ediflore)

**e. Les pattes :** Les pattes sont formées de cinq éléments : coxa (hanche), trochanter, fémur, tibia et tarse, le tarse, qui correspond aux pieds et aux orteils de l'homme, comprend cinq parties, la dernière porte à son extrémité une paire de griffes recourbées et, sur la face inférieure, des organes sensoriels, les coussinets, ou pulvules, d'une manière générale, la première paire de pattes offre des dimensions moindres que les deux suivantes, le papillon ne l'utilise-t-il pas pour se mouvoir, mais pour faire la toilette de ses yeux, de ses antennes et de sa trompe. Les femelles possèdent souvent, sur les pattes antérieures ou postérieures, plusieurs organes odoriférants qui signalent leur présence aux mâles à plusieurs kilomètres à la ronde.

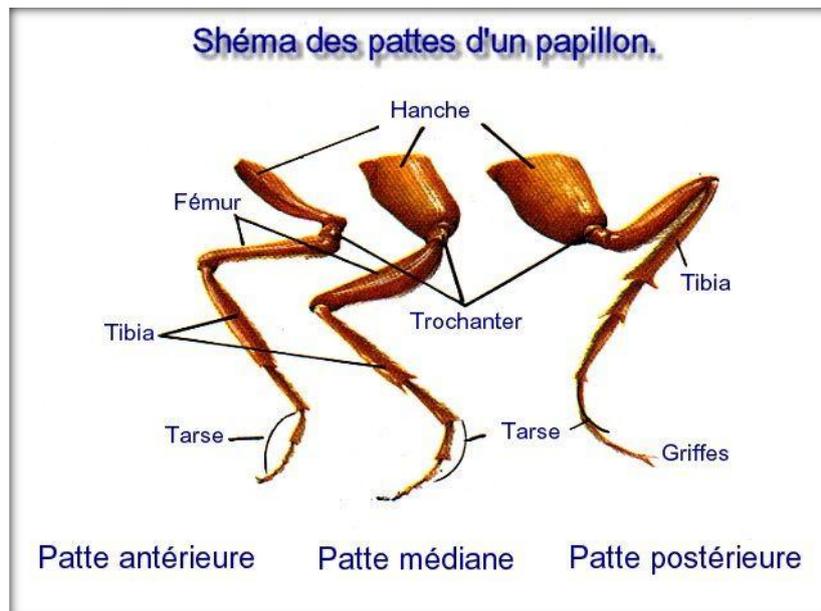


Figure 21 : Schéma représentant les pattes d'un papillon adulte

**f. Abdomen :** Dernière partie constituant le corps de l'insecte, Il est allongé et cylindrique, composé de huit segments chez le mâle, seulement sept chez la femelle et trois ou quatre autres profondément modifiés pour former les structures externes de l'appareil reproducteur, L'abdomen contient l'intestin et le cœur. Chez la plupart des femelles, il est muni d'un ovipositeur qui sert à la ponte des œufs (**Higgins,1991**).



**Figure 22 :** Abdomen d'un rhopalocère adulte *Ipichlides feisthamelii* (© Mebarki Tahar)

#### **II.2.4. Nutrition**

Certaines larves sont **herbivores** (feuilles, fleurs, fruits tiges, bois...), d'autres, **détritivores**, vivent dans les déchets accumulés (litières, chaumes, laisses de mer...) ou les refuges d'animaux (nids, terriers, ruches...) ; d'autres, plus rare, après un régime herbivore pendant les premiers stades larvaires, vivent dans des fourmilières et consomment des larves de fourmis ; en échange, elles sécrètent un miellat que les Fourmis apprécient (**Loyer et Petit, 1994**).

Les Rhopalocères adultes se nourrissent presque exclusivement de nectar, mais de nombreuses espèces absorbent également d'autres substances sucrées ou non, comme les liquides qui s'écoulent de fruits murs ou d'une charogne, l'eau, la rosée, le miel, la salive, la sève, le sang, la boue, le sable mouillé, le sel de la transpiration, les excréments et l'urine du bétail, et le pollen etc. (**Chinery et Cuisin, 1994**). Cette alimentation n'a pas pour fonction la croissance de l'adulte, mais le maintien en vie (énergie, réhydratation) et la capacité d'assurer la reproduction de l'espèce. Certains papillons dont la vie est très brève ne s'alimentent pas (**Loyer et Petit, 1994**).

#### **II.2.5 Habitat**

D'une manière générale, les principaux facteurs de la répartition actuelle des papillons sont la distribution des végétaux, le climat (ensoleillement, température, pluviosité, vents), la latitude et l'altitude, la plupart de ces paramètres étant étroitement liés (**Chinery et Cuisin, 1994**). La nature du sol affecte également, d'une manière indirecte, la distribution des lépidoptères : ainsi certaines plantes sont strictement calcicoles ou calcifuges. Les papillons polyphages ont un potentiel d'expansion plus important que les monophages dépendant d'une seule plante. La distribution de ces derniers est souvent directement corrélée à celle de leur plante hôte, au point qu'il suffit parfois de trouver le végétal pour découvrir le lépidoptère. Dans leur aire de répartition, la plupart des espèces sont adaptées à un habitat particulier (prairie, forêt, etc.) et ne vivent pas en dehors (**Chinery et Cuisin, 1994**). Leur forte présence est favorisée par la diversité des espèces, leur adaptation, parfois leur spécialisation à une espèce végétale. C'est en effet le facteur alimentaire de la larve qui est essentiel.

Partout où une plante a pu s'installer et se développer, il s'est trouvé une espèce de papillon pour en tirer profit (**Loyer et Petit, 1994**).

L'Algérie en tant que pays de l'Afrique du Nord, appartient à la sous-région méditerranéenne (**Moucha, 1972**), cette région, au climat si clément, caractérisée par une flore très riche et bien particulière, accueille de nombreux papillons (**Guilbot et Albouy, 2004**).

### **II.2.6 Période de vol**

Les papillons de jour ne sont pas répartis au hasard dans le temps et dans l'espace. Chaque espèce a en effet une période de vol et un habitat particuliers en dehors desquels on ne la voit guère. La période de vol ne dure parfois que deux semaines, pour plusieurs espèces dont la répartition est très limitée ; elle est plus longue pour la plupart, si l'on considère toute l'aire de distribution (**Chinery et Cuisin, 1994**).

### **II.2.7 Hibernation**

Comme l'oeuf, la chenille et la chrysalide, le lépidoptère adulte possède des substances antigél qui lui permettent de résister à des températures très inférieures à 0°, les papillons peuvent hiberner à tout moment de leur vie, en fonction des espèces. Ces substances sont sécrétées dès l'automne pour les préparer à supporter l'hiver. Les fonctions de leur métabolisme ralentissent comme pour tout autre animal qui hiberne, ce qui explique leur état léthargique pendant toute la période hivernale. Afin de se protéger des rudes conditions climatiques, ils se réfugient dans de petites cavités comme des trous dans les murs, des greniers ou mêmes des caves (**Dozières et al, 2017**).

## II.2.8 Ennemis et maladies

La dynamique des populations de Lépidoptères fait l'objet de régulation naturelle permanente à cause de leur multiplication anarchique. Cette régulation se fait selon trois modes (**Bouzeriba, 2001**) :

### ❖ Les maladies :

Les chenilles contractent des maladies telles que des bactérioses, des mycoses et des viroses non transmissibles à l'Homme, favorisées par les années humides et les hivers doux. Par contre, certaines chenilles du genre *Anaphae* en Afrique et du *Hylesia* en Amérique peuvent transmettre à l'Homme la maladie nommée Papillonite ou Lépidoptérisme, affection cutanée provoquée par les poils urticants de ces chenilles .

### ❖ Le parasitisme :

Causé essentiellement par les Tachinaires et les Ichneumons qui pondent directement leurs oeufs sur ou dans les tissus de leurs victimes. Selon **Schmelt (2017)**, le champignon *Cordyceps militaris* parasite les chenilles et les chrysalides. Les parasitoïdes constituent un des principaux régulateurs des populations de rhopalocères. En effet, bien que certaines études recensent et analysent l'impact de la prédation par prélèvement (exemple des oiseaux ou des araignées, (**Koh & Menge 2006**), le taux de prédation par les parasitoïdes sur les stades précoces des rhopalocères représente leur principale source de régulation à l'échelle métapopulationnelle (jusqu'à 80% d'une population chez la piéride du chou, **Feltwell 1981**).

D'une manière générale, les mécanismes régissant les relations interspécifiques sont bien référencés dans les systèmes proies-prédateurs tels que les relations entre les parasitoïdes et leurs hôtes (**Coley & Barone 1996; Didham et al. 1996**). Pourtant, si les prédateurs et les parasitoïdes sont susceptibles d'être repartis de manière hétérogène dans l'espace et dans le temps (**Boulinier & Lemel 1997**), le rôle de la prédation comme facteur de qualité de l'habitat est très rarement pris en compte dans les études relatives à la répartition des espèces suivant un gradient environnemental. Plus encore en milieu anthropisé, où peu d'informations sont disponibles sur les relations entre les parasitoïdes et leurs hôtes (**Gibb & Hochuli 2002; Barczak et al. 2005**).

### ❖ La prédation :

Les Lépidoptères sont des proies importantes pour certains consommateurs (**Bonneil, 2005**). OEufs, chrysalides, chenilles et imago constituent des proies de choix pour les oiseaux, les hérissons, les crapauds, les chauves-souris, les lézards, les chouettes ou encore certains insectes tels que les Coléoptères, les Hyménoptères (Microguêpe ou adultes d'Ichneumon qui pondent

à proximité des chenilles et dont les larves se nymphosent à proximité de ces dernières les Hémiptères (*Macrolophus caliginosus* qui au stade larvaire ou adulte se nourrit d'oeufs de Lépidoptères), les libellules, les fourmis et les mouches (*Compsillura concinnata* utilisée pour lutter contre le *Bombyx disparate*).

Ils sont capturés en plein vol, au sol ou lorsqu'ils sont posés sur une plante, et leurs chenilles jouent un rôle primordial dans les chaînes alimentaires terrestres, nombreuses et faciles à capturer, elles constituent un maillon essentiel de l'écosystème. La majorité des oiseaux, par exemple, élèvent leurs jeunes pendant la période de développement des chenilles, Certaines espèces ont su s'adapter à des sources de nourriture constituées par les hommes (cultures, stockage de grains, vêtements...), qui tentent de réguler chimiquement leur prolifération. L'impact de l'homme sur ces insectes est très fort, traitements agricoles et modifications de leur milieu naturel (**Loyer et Petit, 1994**) Face à tous ces ennemis, l'imago a différencié des processus originaux de défense :

- **Le camouflage :**

Consiste à se fondre dans l'environnement en choisissant la couleur ou la texture du support (Arbres, feuilles et rochers environnants de teinte brune-verte-grise), en fonction des couleurs des individus (**Chinery, 1988 ; Mebs, 2006**)

- **L'imitation (Mimétisme) :** Consiste à lancer un signal avertisseur en exploitant un assemblage de couleurs voyantes destinées à attirer l'attention (**Frahtia, 2002**).

- ❖ **Migration :**

De nombreuses espèces de Rhopalocères sont, à des degrés divers, migratrices. Il peut s'agir de grands migrateurs présents dans les régions méditerranéennes qui entament leur migration au printemps ou au début de l'été, produisant souvent avant l'automne une ou deux générations. La plupart effectuent à la fin de l'été et à l'automne une migration de retour. D'autres sont des migrateurs locaux se déplaçant sur de courtes distances, ces déplacements pouvant aller, selon les espèces, de quelques dizaines de kilomètres à quelques centaines de kilomètres. Nous pouvons citer comme exemple de migrateurs au long cours : *Colias croceus*, *Cynthia cardui* et *Vanessa atalanta* (**Chinery et Cuisin, 1994 ; Faure, 2006**).

## **II.2.9 Climat et papillons de jour**

Les Rhopalocères sont diurnes, héliophiles, et fuient le vent, la pluie et le froid (**Sterry et Mackay, 2006**), alors par temps couvert et froid, les papillons ne se montrent guère et plusieurs espèces s'abritent dès que le soleil disparaît (**Chinery et Cuisin, 1994**). Ils ont toutefois, réussi

à coloniser l'ensemble des milieux terrestres, du bord de mer jusqu'aux limites des neiges éternelles.

Certaines espèces survivent même dans des situations climatiques extrêmes comme les toundras ou les déserts (**Loyer et Petit, 1994**).

## **II.2.10 Importance et rôles**

### **a. La bioindication**

Les Rhopalocères sont reconnus comme étant d'excellents bio-indicateurs d'habitats particuliers, il peut s'agir d'espaces ouverts secs, de zones humides, certains d'entre eux peuvent aussi permettre de détecter la perturbation d'un habitat forestier, voire d'être spécifiques d'une strate altitudinale (**Faure, 2006**) Les papillons ont souvent été utilisés comme substituts de la diversité d'autres taxons (**Viljur et al., 2020**).

Ce taxon est souvent utilisé car il répond très rapidement aux perturbations et les variations observées peuvent être les signes précurseurs de modifications voire de la disparition de l'habitat avec, dans certains cas, quelques années d'avance sur l'analyse floristique, en raison de leur sensibilité, ils réagissent rapidement aux changements environnementaux, étant largement considérés comme des indicateurs clés pour suivre les changements dans les habitats et paysages (**Fartmann et al., 2013 ; Van Swaay et al., 2006**).

En effet, la présence d'une espèce exigeante en termes de qualité ou de typicité d'habitat pourra renseigner le gestionnaire d'espaces naturels sur l'état de conservation des habitats.

(**Oostermeijer & Van swaay, 1998b; Brown & Freitas, 2000**) Les qualités bio indicatrices des rhopalocères en font un outil très utile pour analyser l'impact de l'environnement sur la biodiversité, en effet : Les modifications de structuration et de composition de leurs communautés sont proportionnelles au degré de fragmentation d'un paysage (**Forman & Godron, 1986 ; New, 1997**) et donc à l'urbanisation. La réponse des organismes aux fluctuations abiotiques du milieu est rapide (**Thomas & Hanski 2004**).

### **b. La pollinisation**

La majorité des papillons de jour sont utiles à l'agriculture (en qualité d'agent de pollinisation). Certaines chenilles sont très utiles lorsqu'elles se nourrissent exclusivement de mauvaises herbes (**Moucha, 1972**). Au cours de leurs différents stades de développements, les papillons servent de nourritures à de nombreux prédateurs. L'homme exploite aussi les particularités de certaines espèces : de nombreux peuple se nourrissent de larve d'insectes (**Boutin et al., 1995**).

### **c. Intervention dans la dynamique des populations des plantes**

Consommateurs de matière végétale à l'état de chenille, ils interviennent dans la dynamique des populations des plantes, l'organisation des communautés végétales, les cycles biogéochimiques et les interactions canopée atmosphère-sol. Ils régulent la production végétale à travers l'alimentation des chenilles (**Albouy, 2004**).

#### **d. Participation dans la chaîne alimentaire**

A tous les stades, ils représentent une ressource alimentaire importante ou nécessaire à de nombreux animaux vertébrés (oiseaux, reptiles, chauves-souris, rongeurs...) et invertébrés prédateurs et parasites (**Koh & Menge 2006**),

#### **e. importance économique**

La majorité des papillons de jour sont utiles à l'agriculture (en qualité d'agent de pollinisation) ; s'ils ne le sont pas, ils ne présentent toutefois aucun caractère de nuisance (**Moucha, 1972**), leurs chenilles n'occasionnent aucun dégât aux champs ou aux forêts. Ce n'est que dans de rares cas où certaines espèces de papillons diurnes qui prolifèrent exagérément, que les chenilles peuvent devenir nuisibles mais, même dans cette éventualité, les dégâts causés ne seront que peu importants. Certaines chenilles sont très utiles lorsqu'elles se nourrissent exclusivement de mauvaises herbes (**Moucha, 1972**). Au cours de leurs différents stades de développements, les papillons servent de nourritures à de nombreux prédateurs. L'homme exploite aussi les particularités de certaines espèces : de nombreux peuples se nourrissent de larve d'insectes (**Boutin et al., 1995**).

### **II.2.11 Les menaces des papillons**

#### **❖ Les causes naturelles**

Parmi les causes naturelles, les conditions climatiques influent, elles aussi, sur les populations de papillons. Un printemps humide et frais peut perturber la reproduction, de plus, les chenilles et les imagos servent de nourriture à divers prédateurs, dont la présence est facteur d'équilibre. Il faut également mentionner des troubles d'origine génétique conduisant à une fatigue biologique due à des croisements répétés entre individus de même souche (**Volat, 1982**). Le changement climatique est un aspect important de la qualité de l'habitat pour de nombreuses espèces de papillons (**Kotiaho et al., 2005**). La spécialisation de l'habitat (**Krauss et al., 2003 ; Kotiaho et al., 2005**), la mobilité (**Thomas, 2000 ; Maes et van Dyck, 2001 ; Kotiaho et al., 2005**), la distribution géographique des plantes hôtes des larves (**Kotiaho et al., 2005**), les besoins en nutriments des plantes alimentaires des larves (**Oostermeijer et van Swaay, 1998**) et le statut nutritif de l'habitat de reproduction (**Maes et van Dyck, 2001**), la période de vol (**Kotiaho et al., 2005**) et les stratégies générales du cycle de vie (**Dennis et al.,**

2004) ont toutes été l'état et/ou la tendance de la population des espèces de papillons. De plus, les populations d'une même espèce peuvent être affectées différemment en fonction de la distance à la géographie, puisque les populations proches de la limite de l'aire de répartition peuvent être supposées avoir des exigences plus étroites en matière d'habitat, notamment en termes de conditions climatiques (Thomas et al., 1999).

#### ❖ Les captures massives

Les captures de papillons ont parfois une influence sur la disparition de ces derniers. Cela est certainement marquant dans les pays tropicaux : en effet, les chasseurs transforment les captures d'insectes en véritables massacres destinés à la confection d'objets décoratifs exportés (Volat, 1982).

#### ❖ Les pesticides

L'utilisation abusive de pesticides a une influence considérable sur la disparition des Lépidoptères. Elle fait pourtant l'objet de vives accusations de la part d'éminents spécialistes, mais semble ne pas régresser dans la plupart des régions. (Volat, 1982).

Dans la nature, l'exposition aux métaux lourds a été associée à une réduction de la survie des pollinisateurs (Hladun et al., 2013 ; 2016)

#### ❖ Agriculture contre nature

Dans les régions de grandes cultures, il n'existe pas un hectare de nature intact, laissé pour la prospérité et la liberté des animaux. Le sol est exploité jusqu'à l'épuisement de ses ressources, les haies sont arasées, les derniers arbres arrachés, pour faciliter une agriculture intensive au mépris des lois naturelles les plus élémentaires. Les haies ont pourtant un rôle considérable à jouer, de prunelliers, les régions «vertes» commencent elles-aussi à être exploitées à outrance : les techniques modernes d'agriculture permettent de mettre en culture de vastes zones riches en lépidoptères. « La conversion de terrains nus en terre arable a fait s'éloigner à jamais de nombreuses espèces, la flore d'origine ayant cédé la place à un type de culture utilitaire et productive ». Le suivi des risques d'extinction régionaux et la compréhension des facteurs écologiques qui contribuent à de telles menaces sont essentiels pour développer des stratégies de conservation pour la protection d'une espèce (Palash et al 2022).

#### ❖ La construction des autoroutes

La construction de nouvelles routes et autoroutes, hormis le fait qu'elle nécessite des quantités d'énergie considérables, doit à tout prix être bannie, conduisant au viol de la nature : les biotopes sensibles sont massacrés avec les espèces qu'ils protègent, et l'utilisation de la route par le trafic automobile provoque les destructions mentionnées plus haut. Le phénomène

est encore plus évident pour une autoroute : plus la plaie est grande, plus le sang coule (Volat, 1982).

#### ❖ Les incendies causés par l'homme

Ils ont un effet direct sur les populations de papillons en détruisant leurs lieux de repos et refuge. Les feux ravagent les sites de ponte et de nourrissage des chenilles ainsi que les larves de papillons en diapause (Hill et al, 2017).

#### II.2.12 Les papillons de la méditerranée

Du fait de la diversité de la flore et la clémence du climat, la région méditerranéenne est particulièrement riche en lépidoptères. La clémence du climat méditerranéen permet à quelques lépidoptères de rester en vol tout l'hiver, et d'autres, largement répandues en Europe, éclosent plutôt en méditerranée, ce qui fait qu'accentuer cette richesse. Parmi les papillons diurnes rentrant dans ces catégories, on peut citer le vulcain (*Vanessa atalanta*), le soufre (*Colias crocea*), l'échancré (*Libythea celtis*), la piéride de la biscutelle (*Euchloe simplonia*) et l'aurore de Provence (*Anthocharis euphenoides*) (Leraut, 1992). Outre cela les espèces de papillons qu'on juge caractéristiques de la région méditerranéenne sont : Le Faux-cuivré smaragdin (*Tomares ballus*), l'Aurore de Barbarie (*Anthocharis belia*), la Piéride du sisymbre (*Euchloe belemia*), la Proserpine (*Zerynthia rumina*), l'Hespérie du riz (*Gegenes nostradamus*), le citron de provence (*Gonepteryx cleopatra*) et l'Hespérie du barbon (*Gegenes pumilio*) (Chinery et Cuisin, 1994 ; Leraut, 1992).

#### II.2.13. Les papillons et les feux de forêts

Le feu est un phénomène planétaire qui serait survenu entre 350 et 420 millions d'années, peu de temps après l'apparition des végétaux terrestres mais bien avant celle de l'homme (Guénon, 2010). L'incendie de forêt existe depuis longtemps. Pausas et Keeley 2009 affirment même que le feu est apparu en même temps que les plantes terrestres, avant l'arrivée de l'homme sur terre, et qu'il a joué un rôle important à travers l'histoire de la vie, ainsi que pendant des millions d'années, le feu a été un facteur majeur qui configurait la composition, la structure et le fonctionnement des écosystèmes méditerranéens (Meddour-Sahar , 2014). Les incendies forestiers constituent l'une des perturbations majeures affectant la dynamique forestière. Au niveau des paysages, ces incendies sont responsables, de concert avec les caractéristiques physiques du territoire, de l'existence des mosaïques forestières, composées de peuplements d'âge et de composition variés (Gauthier., 2001).

On parle d'incendie de forêt lorsque le feu concerne une superficie minimale d'un hectare d'un seul tenant et qu'une partie au moins des étages arbustifs et, ou arborés (parties hautes) est détruite (**Megrerouche, 2006**).

Un incendie est un phénomène qui échappe au contrôle de l'homme, tant en durée qu'en étendue, il naît de la rencontre d'une source de chaleur dont la température dépasse 600°C et d'une végétation inflammable. Une fois le feu allumé, un front de flamme se forme, qui se déplace d'autant plus vite que la végétation est desséchée. Ce front forme un rideau plus haut que les arbres, qui balaye la forêt en passant devant lui une "Vague de chaleur ", c'est-à-dire un mélange de gaz et d'air brûlant (**Trabaud, 1989**).

Feu et incendie ne sont pas synonymes : le premier mot s'applique, par exemple, lorsqu'on parle de combustion sous le contrôle des opérateurs (feu de chaume, feu dirigé, etc.), le deuxième lorsque le contrôle est absent ou bien le feu non désiré a échappé au contrôle (**Trabaud, 1989**).

- **Impact des incendies sur l'écosystème forestier**

Les incendies de forêt font partie des principaux types de perturbations primaires (**Tinner et al., 2005**). À l'origine, les incendies naturels allumés par la foudre prédominaient et l'occurrence des incendies était associée à des conditions naturelles telles que les sécheresses et les charges élevées de combustible (**Margolis et al., 2007, Zin et al., 2015**). Cependant, avec l'augmentation de l'utilisation de la forêt par les populations, la part des incendies d'origine humaine est devenue de plus en plus courante (**Marcisz et al., 2015**) même si, dans le même temps, l'activité des incendies a diminué dans de nombreuses régions, en partie en raison de la politique de suppression des incendies (**Kitenberga et al., 2019**). D'après **Bonnet et Tatoni (2003)** le climat méditerranéen, caractérisé par une sécheresse estivale et un vent fort, ajouté à la présence d'essences végétales très combustibles, favorisent les incendies qui représentent le premier péril et le perturbateur majeur des écosystèmes (**Trabaud, 1987**).

L'effet du feu sur les écosystèmes forestiers dépend grandement de l'échelle, du type de forêt et de la gravité du feu (**Buckingham et al., 2019**). Les feux de remplacement de peuplement les plus graves affectent toutes les composantes d'un écosystème forestier, y compris les cycles des éléments nutritifs, la composition des espèces d'arbres et la repousse des arbres (**Tinner et al., 2005, Turner, 2010**). La sensibilité de chaque taxon aux feux de forêt dépend, entre autres, de la capacité de dispersion, de la flexibilité écologique à utiliser les ressources générées par le feu et des performances de reproduction dans zones brûlées (**Henle et al ,2004 ; Zúñiga, 2023**).

Certaines espèces peuvent servir d'indicateurs écologiques des zones touchées par le feu (**DellaSalla et Hanson, 2015**). Néanmoins, les espèces appartenant à des groupes taxonomiquement divers, tels que les arthropodes, peuvent différer considérablement dans leurs réponses aux incendies de forêt (**Moretti, 2004 ; Elia ,2012**). Certains arthropodes réagissent positivement à l'augmentation des ressources disponibles pendant la phase de récupération de la végétation après le feu, tandis que d'autres font face à un habitat inhospitalier (**Gongalsky,2013**). L'augmentation de la fréquence, de l'ampleur et de la gravité des incendies de forêt pourrait largement modifier la dynamique naturelle de la forêt et l'ensemble du fonctionnement de l'écosystème (**Millar,2015**) .

#### ► **Incendies et effet de serre**

Les incendies contribuent à l'effet de serre en déstockant de grandes quantités de carbone : directement par combustion des végétaux, de l'humus et d'une partie de la matière organique du sol, et indirectement en accélérant les processus de minéralisation de la matière organique restante. Les processus de dégradation qui s'en suivent (érosion, pertes de fertilité, disparition parfois de la strate arborée), réduisent la productivité des écosystèmes et donc leur capacité à capturer, lors de leur reconstitution, une partie du carbone libéré (**Vennetier,2004**).

#### ► **Effet de feu sur le sol :**

D'après **Vennetier (2004)** En général l'incendie ne touche directement que les parties aériennes et les premiers centimètres du sol, ses conséquences indirectes concernent aussi le sol en profondeur. Lorsque le sol est très sec, une partie importante des souches et racines mortes peuvent se consumer, pendant plusieurs heures ou même plusieurs jours, jusqu'à un mètre de profondeur. D'autre part, les racines des végétaux tués ou affaiblis par le feu, dont certaines descendent à plusieurs mètres de profondeur, meurent entièrement ou partiellement après le feu, ce qui a un impact particulier en région méditerranéenne.

L'impact sur l'humus dépend de l'intensité du feu et de l'état de dessiccation du sol au moment de l'incendie. Ces transformations modifient la perméabilité du sol et ses propriétés hygroscopiques. Les éléments nutritifs mobilisés par l'incendie, et en partie restitués par les cendres, peuvent réintégrer l'écosystème. Cependant, dans les zones de pentes, et sous régime de vents et pluies méditerranéen, une partie non négligeable des cendres, voire des horizons superficiels, peuvent être emportés par l'érosion.

L'activité des micro-organismes responsables de la minéralisation est perturbée, parfois activée, parfois réduite. La caractérisation des communautés et de leur dynamique reste à faire.

Il en va de même pour les activités liées à la décomposition de la matière organique. Enfin, la teneur en eau du sol et le microclimat sont fortement modifiés (**Trabaud et Prodon, 2002**).

La chaleur intense de l'incendie (jusqu'à plus de 1000°C) qui cuit la surface du sol, les transformations et la disparition partielle de la matière organique, la disparition temporaire de certains animaux du sol, l'impact de la pluie sur les surfaces qui ne sont plus protégées, la présence de cendres hygrophobes, est autant de facteurs qui modifient les caractéristiques physiques du sol, en surface et en profondeur (**Vennetier, 2004**).

#### ► **Effet du feu sur la faune :**

D'après **Bonnet et Tatonni (2003)** Les grandes zones brûlées offrent de plus grandes possibilités d'habitats que les petites zones, notamment par l'intermédiaire des pins brûlés qui jouent le rôle de perchoirs et de nichoirs pour les oiseaux. Les espèces à faible amplitude d'habitats, très touchées par l'incendie sont favorisées par la structure en mosaïque au sein des zones, et la diversité structurale de la végétation est très liée à la diversité avifaunistique. De nombreux animaux qui ne trouvent pas les conditions idéales d'habitat au sein des zones brûlées viennent cependant s'y nourrir, la zone brûlée étant généralement une source importante de graines et de plantules et la zone non brûlée une protection, notamment pour les petits mammifères. Ces déplacements peuvent avoir deux conséquences : ces animaux (petits mammifères, oiseaux) peuvent être vecteurs de graines et améliorer ainsi la recolonisation par les taxons zoochores en lisière d'autres qui n'étaient pas présent avant le feu, viennent coloniser le milieu ouvert du moins pendant les premières années suivant la perturbation par le feu. Ces animaux peuvent être responsables d'une diminution d'une partie du stock semencier par prédation, cependant, la prédation des graines après le feu est réduite par rapport à ce qui peut être observé en zone non brûlée.

#### ❖ **Impact sur les insectes**

L'impact du feu sur les insectes peut se résumer comme suit (**Nunes et al. 2000**) :

- \* la plupart des effets du feu se produisent à court terme (3-4 ans maximum)
- \* les feux de forte intensité impactent davantage les espèces que les feux de faible intensité
- \* les feux de printemps ont un plus fort impact que les feux d'automne
- \* la réponse post-incendie des insectes est très différente selon les groupes
- \* les espèces spécialistes sont plus affectées par le feu que les espèces généralistes
- \* les conditions plus sèches et chaudes des habitats brûlés représentent un environnement moins favorable pour les micro-arthropodes
- \* les espèces inféodées aux milieux relativement secs sont plus résilientes au feu que des espèces inféodées aux milieux plus humides

\* il est difficile de prédire l'impact du feu du fait que les populations d'invertébrés sont très variables dans le temps et l'espace

#### ❖ Impact sur les papillons

Chaque espèce de papillon semble avoir sa propre réponse face au feu, mais les espèces spécialistes semblent être plus négativement touchées que les espèces généralistes. Plus généralement, le feu est une technique parfois préconisée pour la conservation des habitats des papillons et donc de ces espèces. Il permet en effet une ouverture du milieu favorable à de nombreuses espèces (**Schultz & Crone 1998**).

Des différentes études réalisées, il ressort que le brûlage dirigé peut être utilisé en tant que technique de gestion des habitats de certains insectes. C'est en effet ce que propose l'étude de Panzer (2002) où il démontre un recouvrement rapide (moins de 2 ans) des différentes populations d'insectes qu'il a étudiées. Il reste toutefois peu utilisé en raison de notre méconnaissance de ses effets sur l'ensemble des communautés d'insectes (**Friend 1995**). Dans l'état actuel des connaissances, il semble que plusieurs Ordres d'insectes résistent bien au feu, avec des capacités de reconstitution généralement satisfaisantes. Certains groupes y trouvent même des avantages, notamment les groupes liés aux milieux ouverts et xériques. En revanche, les données manquent pour les groupes liés aux forêts matures, sans doute les plus affectés par les incendies de forêts, les coléoptères saproxyliques tout particulièrement.

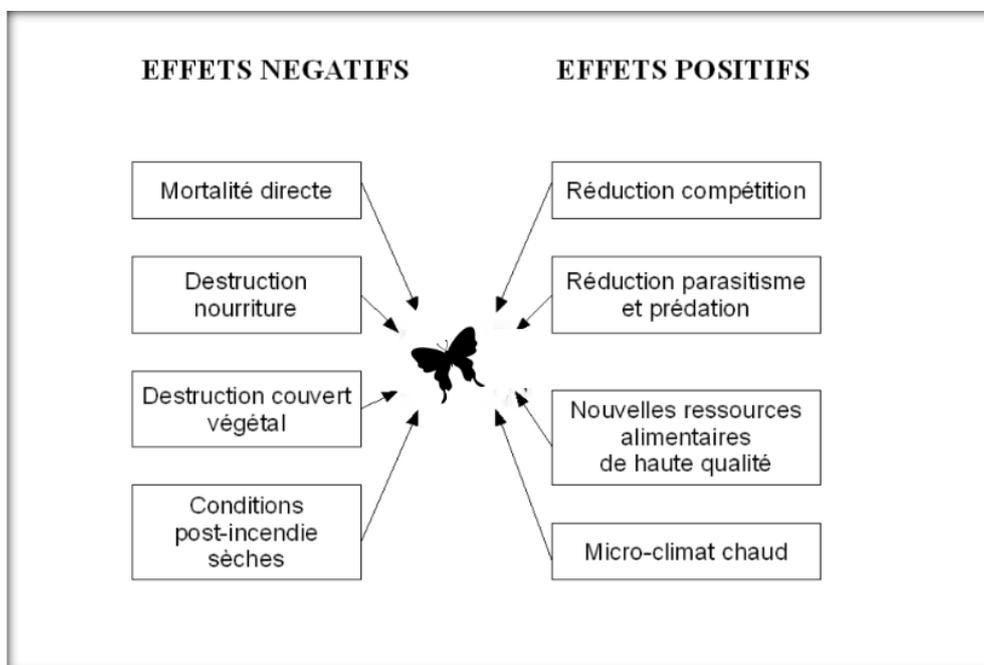


Figure 23 : Effets négatifs et positifs du feu sur L'ordre des lépidoptères (Nunes et al. 2000)

#### ► Effet du feu sur le paysage :

Une forêt, hétérogène dans ses classes d'âges et dans ses structures horizontales et/ou verticales tendra, après feu, vers une structure simplifiée. Cette homogénéisation à court terme peut être effective dans des zones ayant des histoires de feux ou d'utilisation des terres différentes (**Mouillot et al. 2005**). Ainsi, les zones brûlées récemment (3-5 ans) sont relativement continues et dominées par des buissons. Au bout de 6-8 ans, les caractéristiques du paysage tendent à revenir à leurs conditions pré-incendie (hormis certaines végétations très matures particulièrement lentes à régénérer) différant ainsi selon les types de végétation brûlées, et perdant donc, d'une certaine façon, leur homogénéité, pour retrouver leur hétérogénéité pré-incendie (**Viedma 2006**). Chaque formation végétale évolue toutefois de manière singulière. Les zones buissonnantes comme les garrigues ou les maquis sont particulièrement résilientes (**Trabaud 1987b**), alors que certaines formations forestières, notamment des pinèdes, peuvent mettre des décennies pour se reconstituer (**Retana et al., 2002. Eugenio & Lloret 2004**).

A l'inverse, le feu peut également contribuer à créer des paysages hétérogènes, en rajeunissant certaines parties d'un territoire. La résultante à large échelle est alors la création d'une mosaïque paysagère, faite de différents types de végétation (**Lloret et al. 2002**). Cette mosaïque paysagère peut d'ailleurs être très bénéfique à la coexistence d'espèces aux exigences écologiques différentes (**Huston 1994**). Les effets du feu sur le paysage se font principalement ressentir au travers de leur impact sur la végétation. Plus un feu est intense et sévère, plus la végétation sera modifiée et plus le paysage en sera transformé, que ce soit à une échelle locale ou régionale. Les résultats sont identiques en cas d'incendies répétés.

Globalement il semble que les incendies créent une certaine hétérogénéité dans le paysage, particulièrement intéressante pour le maintien d'une diversité paysagère (**Huston 1994, Lloret et al. 2002, Brotons et al. 2008**). Mais ils peuvent aussi générer localement une plus grande homogénéité paysagère, en « remettant les pendules à zéro » au niveau du couvert végétal. Le feu fait partie du fonctionnement normal de l'écosystème. Il contribue à son adaptabilité et au maintien de la biodiversité en permettant la régénération des espèces pionnières et des espèces héliophiles, nécessaires à la cicatrisation rapide des zones perturbées (**Vennetier,2004**).

- **Les facteurs influençant l'origine et le développement des feux de forêt :**

Selon **Arfa (2008)** les facteurs favorisant le développement et la propagation des feux sont les conditions climatiques (sécheresse, vent), le relief, l'inflammabilité et la combustibilité des essences et la structure du combustible liée à l'état d'entretien de la forêt.

La végétation est le troisième facteur intervenant dans la formation et le développement des feux, car elle alimente les foyers en matières combustibles. La litière, les strates herbacées,

ligneuses basses et ligneuses hautes présentent des aptitudes variables à la combustion et à la propagation. Par exemple, les maquis, les garrigues et les landes possèdent une inflammabilité moyenne, mais une combustibilité forte et rapide. Cette strate influence grandement le transfert du feu vers la cime des arbres.

Finalement, la propagation du feu varie également en fonction des essences forestières. Ainsi, les pins sylvestres, les genévriers, les chênes kermès, les arbousiers, la bruyère arborescente, le ciste de Montpellier ou le ciste à feuilles de sauge favorisent le développement du feu en raison notamment des composés organiques volatiles et des résines qu'elles produisent.

- **Bilan des incendies durant l'année 2021 en Algérie :**

Le feu est la cause principale de la destruction des forêts dans les pays du bassin méditerranéen. Malgré la mise en place de réseaux de surveillance, le développement d'actions de prévention et le financement des moyens de lutte la superficie totale de couvert végétal, touchée par les incendies durant l'été 2021, s'élève à plus de 100.000 hectares, à travers 1.631 foyers d'incendie enregistrés dans 21 wilayas, selon un bilan rendu public, par la Direction générale des Forêts **(DGF,2021)**.

Selon les chiffres avancés lors d'une intervention à la réunion de l'installation de la Commission nationale chargée de la protection des forêts, tenue au siège du ministère de l'Agriculture du Développement rural en présence du ministre du secteur, Mohamed Abdelhafid Henni, un total de 260.135 hectares de forêts (26% de la superficie totale), 21.040 hectares de buissons (21,5%), 16.415 hectares de broussailles (16,5%), 16.160 hectares d'arbres fruitiers (36%) et 352 hectares d'alfa (0,5%) ont été ravagés par les incendies.

Les wilayas de Tizi Ouzou et de Bejaia ont enregistré des incendies ayant touché 43.398 hectares et 13.174 hectares respectivement, tandis que 4 autres wilayas ont enregistré des incendies ayant touché des superficies variant entre 5.000 et 10.000 hectares, en l'occurrence, Khanchela (9.837 hectares), Guelma (5.927 hectares), El Tarf (5.090 hectares) et Annaba (5.024 hectares).

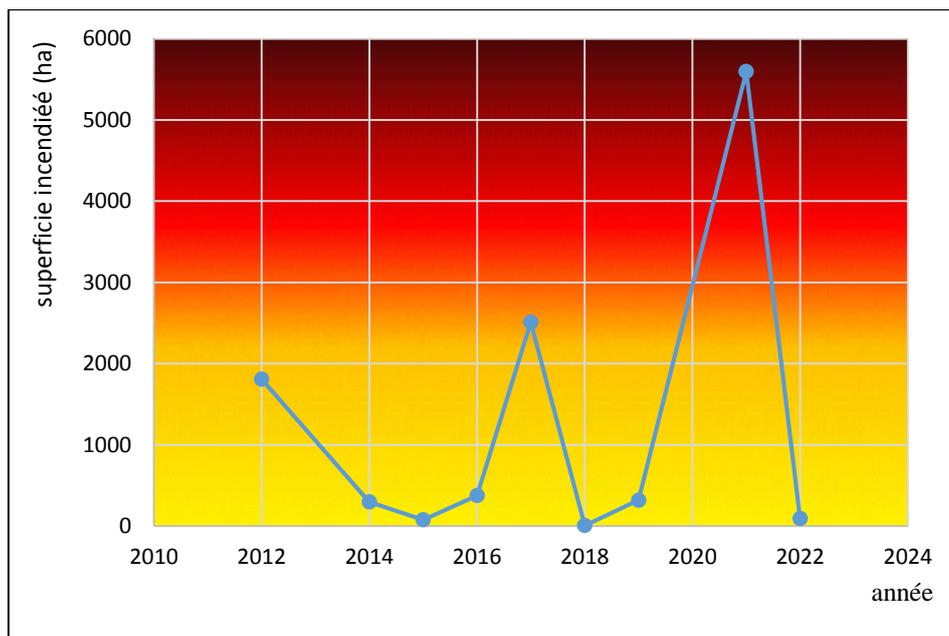
Les 10 wilayas ayant enregistré le plus grand nombre de foyers d'incendie sont Tizi Ouzou (241 foyers), Jijel (164 foyers), Skikda (125 foyers), Bejaia (112 foyers), Tipasa (97 foyers), Bouira (86 foyers), El Tarf (82 foyers), Médéa (66 foyers), Boumerdes (63 foyers) et Oum Bouaghi (56 foyers).

Selon les mêmes chiffres, le mois d'août était le mois ayant connu le plus de départs de feu durant la période allant de juin à octobre 2021 en termes de superficies touchées et de nombre de foyers enregistré. Plus précisément, la semaine allant du 12 au 18 août était la semaine qui

a connu le plus de départs de feu avec 72.006 hectares de superficies touchées et 291 foyers d'incendie.

Des incendies similaires ont été enregistrés durant les années 1983, 1994, 2012 et 2017 ayant touché des superficies entre 54.000 et 271.000 hectares durant la saison estivale, ajoute-t-on de même source.

- **Bilan des incendies de la dernière décennie de la région de Annaba**



**Figure 24 : surfaces incendiée de la région de Annaba (depuis 2012 jusqu'à 2022)  
(Conservation des forêts de Annaba 2023)**

## **II.3. Généralités sur le Sol**

### **II.3.1 Définition et description**

La notion de sol est très ancienne. Mais ce n'est qu'en 1877 qu'un géologue russe, *Dokouchaev*, a eu l'occasion d'étudier des sols en Ukraine et de créer une science nouvelle : la *Pédologie*. Le sol est une couche ou un ensemble de couches d'épaisseur faible (quelques centimètres à quelques mètres) qui recouvre la plupart du temps les roches. Cette couche est en relation directe avec la vie végétale. La conception du sol a constamment évolué. Actuellement, nos connaissances sur le sol constituent une science très complexe appelée science du sol. L'aspect le plus général de cette science est la Pédologie (*in Benslama-Zanache,2007*).

Le sol est donc une formation de la surface, il constitue l'élément essentiel des biotopes propres aux écosystèmes continentaux. Leur ensemble dénommé pédosphère, résulte de l'interaction de deux compartiments biosphérique : l'atmosphère et les couches superficielles de la lithosphère. (**Manneville *et al*, 1999**).

La formation des sols présente un processus complexe consistant la transformation des roches mères par l'effet conjugué des facteurs climatiques et des facteurs biotiques (flore et faune de sol). L'altération de ces derniers commence par un phénomène de désagrégation physique provoqué par l'action des facteurs climatiques, à laquelle s'ajoute ultérieurement la fracturation du substratum rocheux par les racines des végétaux (**Demolon, 1966 et Duchaufour, 1977**).

Un processus de décomposition chimique lui fait suite, induit par lessivage qu'effectuent les eaux d'infiltration chargées de substances dissoutes conduites à l'élaboration d'un mélange intime de la matières minérales et organiques. C'est pour cela le sol est considéré comme un réacteur biogéochimique interactif et un constituant multiphasiques. Le sol est la couche supérieure de la croûte terrestre de structure meuble et d'épaisseur variable, plus ou moins colorée par l'humus. Résultant de la transformation lente et progressive de la roche mère sous-jacente. Sous l'influence de facteurs physique, chimique et biologique. (**Manneville *et al*, 1999**). Du point de vue de l'histoire et de l'utilisation des sols ainsi que d'une perspective écologique et environnementale, le concept de sols embrasse également les roches poreuses sédimentaires, les autres matériaux perméables, en plus de l'eau qu'ils contiennent et des réserves d'eau souterraine. » (**Conseil de l'Europe 1990 in Winfried E.H. Blum, 2004**).

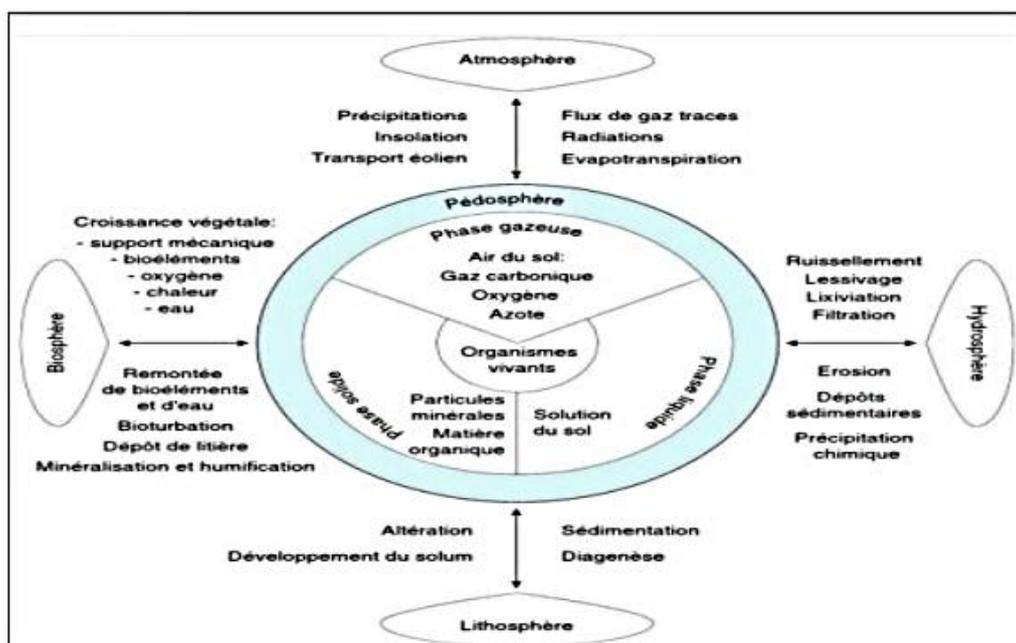


Figure 25 : La complexité externe et interne du sol (Gobat et al., 2010)

### II.3.2 Constituants du sol

Selon (Buttler ,1992), un volume de sol est constitué d'éléments solides, liquides et gazeux (tableau 01) :

Tableau 01 : les principaux constituants du sol (Buttler ,1992)

Origine	Constituants solides		Constituants liquide	Constituants gazeux
	Minéral	organique		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Dégradation physique et altération biochimique des roches.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Décomposition des êtres vivants.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Précipitation</li> <li>•Nappes</li> <li>•Ruissellement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Air hors sol</li> <li>•matière en décomposition</li> <li>•respiration.</li> </ul>
Critères de classement	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Taille</li> <li>•Granulométrie</li> <li>•Qualité</li> <li>• minéralogie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Etat (vivant, mort)</li> <li>•Qualité chimique (original, transformé)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•origine (météorique, phréatique)</li> <li>•état physique (potentiel hydrique)</li> <li>•qualité chimique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Origine (air, organisme)</li> <li>•Qualité chimique</li> </ul>

<b>Catégorie</b>	Selon granulométrie -squelette supérieur à 2mm -terre fine < 2mm Selon minéralogie -Quartz Minéraux silicaté -min, carbonatés.	•Organismes vivants •Organisme morts •MO héritées : cellulose, lignine, résine •MO humifère acide fulvique, humique et humine.	•Eau •Substance dissoutes glucides, alcools, acide organique et minéraux, cation et anion.	•Gaz de l'air : N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> •Gaz issu de la respiration et de la décomposition des organismes : CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub>
------------------	---	---	---	---

### II.3.3 Les services écologiques rendus par le sol

- ❖ **Les services de support et d’approvisionnement** : Le sol est une source de matières premières. Sa surface et son substrat sont utilisés pour produire des matières végétales destinées à la consommation humaine et animale et de la biomasse. Ces propriétés physiques sont utilisées pour supporter les activités humaines notamment dans le domaine de la construction d’infrastructures et de bâtiments (**Walter et al,2015**). Il constitue un gisement de matériaux inertes (sable, terre, granulats, ...) qui y sont prélevés pour les besoins humains (constructions, aménagements divers, thalassothérapie, poterie, jardinage, ...). Le sol est aussi le support et le lieu de la biodiversité (**Barrios, 2007; Berthelin et al., 2018; Crowther et al., 2019**). Les sols abritent 25% des espèces vivant sur terre. Ce patrimoine de biodiversité est à la base du fonctionnement des sols : Il participe activement à la dégradation de la matière organique libérant ainsi les éléments minéraux assimilables par les plantes. La diversité biologique améliore les potentialités et la stabilité fonctionnelle des sols et limite l’installation de pathogènes. De façon générale, la biodiversité du sol contribue à sa fertilité (**Decaëns et al., 2006**).
- ❖ **Les services de régulation** : Les sols participent à la régulation globale du climat par séquestration du carbone sous forme de dioxyde de carbone. Les sols représentent une capacité de stockage de près de 680 milliards de tonnes de carbone dans ses premiers trente centimètres, soit le double de ce qui est présent dans notre atmosphère (**Peralta et al., 2022**). Ils participent à la régulation du climat local à travers les processus

d'évapotranspiration des végétaux permettant ainsi de diminuer les phénomènes d'îlots de chaleur urbains. Les propriétés intrinsèques de certains sols leur permettent de jouer un rôle dans l'adsorption et/ou le transfert de contaminants. Les sols interviennent dans le cycle de l'eau (OFEV, 2020). Ils sont le lieu de stockage de l'eau dans lequel les racines végétales puisent leur alimentation. Ils participent ainsi à la régulation des écoulements des eaux. La réserve utile d'un sol c'est-à-dire sa capacité de stockage est variable en fonction du type de sol. Lorsque cette réserve est atteinte, le surplus d'eau alimente les aquifères et les cours d'eau. Enfin, les sols participent à la régulation des aléas naturels notamment au regard des risques d'érosion et d'inondation, sa capacité de stockage supérieure à celle de l'atmosphère et des rivières (de l'ordre de 50 à 400 litres par mètre carré) (Dorfigler et Gascuel, 2014). Leur texture et leur porosité leur confèrent des capacités de filtration, de ruissellement ou de rétention de l'eau. Les activités anthropiques peuvent impacter ces services écosystémiques. L'imperméabilisation des sols suite à la création d'infrastructures (routes, bâtiment, etc.) favorise le ruissellement et accentue les risques de catastrophes naturelles (Bispo et al., 2016)

- ❖ **Les services culturels (esthétique des paysages) :** Le sol constitue un héritage culturel, il est le lieu de développement et d'évolution des sociétés. À ce titre, il conserve la mémoire des hommes et fournit des indicateurs des fonctionnements anciens (climat, flore, faune, apport éolien, érosion et inondation). Il participe, grâce à ses caractéristiques à l'esthétique et la diversité visuelle des paysages, de plus, il conserve la mémoire et l'empreinte des passages de l'Homme et de ses activités au fil du temps. Il protège les ossements, les objets et les constructions passées et les analyses permettent aux archéologues de reconstituer les climats et les écosystèmes passés, par exemple grâce à la datation de charbons de bois ou l'analyse des molécules organiques. (Walter et al, 2010)
- ❖ **Un système écologique complexe :** Le sol abrite une large part de la biodiversité terrestre : on estime qu'un quart des espèces actuellement décrites vivent dans le sol. Ainsi, la première des fonctions du sol, certainement la plus importante, est l'accueil de la vie : la vie fait le sol... qui à son tour permet à la vie de se développer, de se différencier, de se diversifier (Ruellan, 2010). Le sol est l'un des plus importants réservoirs de biodiversité de notre planète. On estime qu'un gramme de sol abrite plusieurs milliards de bactéries et champignons, avec plus de 1000 espèces différentes et que plusieurs centaines d'espèces faunistiques (protozoaire, nématodes, insectes,

vers de terre) vivent également dans un petit volume de sol (quelques cm<sup>3</sup>). Cette grande diversité varie en termes de richesse taxonomique, d'abondance et de distribution en fonction du type de sol, des conditions climatiques, de la végétation et de l'utilisation des terres (**Barrios, 2007**). L'activité biologique des sols joue un rôle fondamental dans la transformation, l'accumulation et le transfert de nombreux composés. Les champignons, bactéries et actinomycètes décomposent la matière organique (**Caldwell, 2005; Karaca et al., 2011**). Les micro-organismes et quelques invertébrés recyclent une partie des éléments nutritifs tels que l'azote ou le phosphore et les rendent disponibles pour les racines (**Clarholm, 1985; Fierer, 2017; Crowther et al., 2019**). Les microorganismes contrôlent aussi les échanges de gaz carbonique avec l'atmosphère et participent à la séquestration du carbone dans le sol (**Cotrufo et al., 2013**). Certains micro-organismes peuvent décontaminer un sol pollué, en particulier par des hydrocarbures, car ils ont la capacité de dégrader des polluants organiques (ex : les bactéries *Pseudomonas* ou les champignons *Penicillium*). Véritables ingénieurs des écosystèmes, les lombrics dominent la macrofaune du sol. Ils fragmentent et enfouissent la matière organique lors de leurs déplacements. Grâce au réseau de galeries qu'ils creusent, ils favorisent l'aération du sol, l'infiltration de l'eau et l'enracinement (**Gobat et al., 2003**) (**Chapuis-Lardy et al., 2011**) (**Ratsiatosika, 2018**). L'activité biologique souterraine est aussi au cœur de la relation sol/plante. Par exemple, les rhizobia sont des bactéries qui infectent les racines des légumineuses et forment des nodosités où l'azote de l'air est fixé, satisfaisant l'essentiel des besoins en azote de la plante (**Cardoso et Kuyper, 2006 ; Bonkowski et Clarholm, 2012**). Une partie de la faune du sol contribue également à la protection des plantes contre les nuisibles, parasites et autres maladies. Des nématodes ont été utilisés avec succès comme auxiliaires, en tant qu'agents de lutte biologique contre une gamme étendue d'insectes nuisibles, notamment les charançons sur fraisier, les mouches des fruits et les sirex (**Villenave, 2022**).

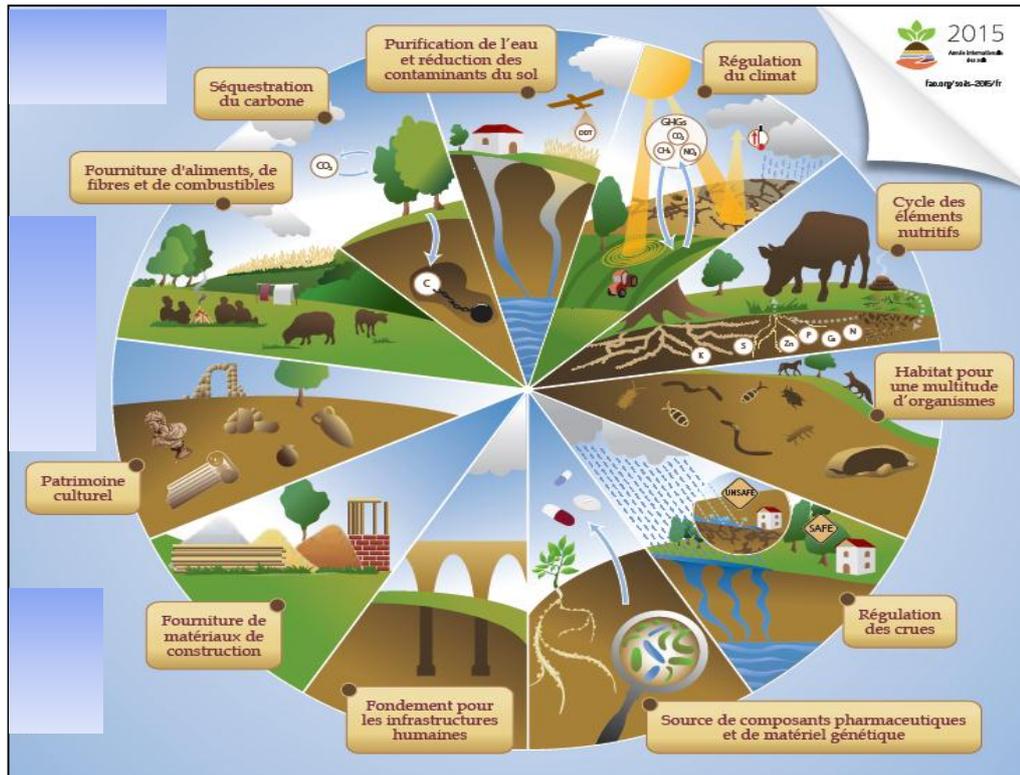


Figure 26A : les services écologiques du sol (FAO,2015)

Size	Group	Know species	Estimated total species	% Know
	<b>Vascular plants</b>	270.000	300.000	90
	<b>Macrofauna</b>			
0.5 - 50 mm	Ants	8800	15.000	58,7
	Termites	1600	3000	53,3
	Earthworms	3600	No estimate	No estimate
	<b>Mesofauna</b>			
0.08 - 2 mm	Mites	20.000 – 30.000	900.000	2,2 – 3,3
	Collembola	6500	24.000	27,1
	<b>Microfauna</b>			
5 - 120 µm	Protozoa	1500	200.000	7,5
	Nematodes	5000	400.000	1,3
	<b>Microflora</b>			
1 - 100 µm	Bacteria	13000	1.000.000	1
	Fungi	18.000 – 35.000	1.500.000	1 – 2

Figure 26B : Estimation du nombre d'organismes du sol organisé en fonction de la largeur de leur corps (Decaens, 2010)

## II.4. Méthodologie générale

### II.4.1 Description des sites d'étude

Notre étude a été réalisée dans différents sites appartenant au massif forestier de l'Edough. Après une prospection massive dans différentes localités, notre choix s'est finalement porté sur deux localités différentes de par la structure en végétation, l'exposition, l'altitude, et le degré de perturbations. Nous avons échantillonné de mars à juillet durant trois années successives 2020, 2021 et 2022, dans les localités de Ain Bocal et celle de Sidi Nour dans le secteur de Ain Barbar.

- **Présentation du Site 01 : Milieu naturel de Ain bocal**

Il a été ouvert en 1976 et aménagé en 2015. Le site se situe sur le versant nord du massif forestier de l'Edough, entre 363m et 510 m d'altitude, où nous avons procédé à un échantillonnage régulier. Le cadre global est le massif forestier de la piste du 8ème km dit du col du Chacal. La piste part de la route CW15 reliant Annaba au village de Seraïdi et chemine à une altitude d'environ 500 m, peu variée, durant 5,5 km. Elle rejoint le chemin qui relie l'ancien village de Sainte Croix de l'Edough à la plage d'Oued Bagrat. L'avantage qu'offre ce site est qu'il se présente en un couloir forestier de 6 m de large environ et de 4,3 km de long en tenant compte du développement de la piste, et est caractérisé par une succession de quatre habitats forestiers :

**1-** La Subéraie (*Quercus suber*) avec son sous-bois caractéristique, à cette altitude, composé de : *Calycotome villosa*, *Calycotome spinosa*, *Erica arborea*, *Cistus monspelliensis*, *Cistus salviifolius*, *Arbutus unedo*, *Viburnum tinus*, *Cytisus triflorus*, *Phillyrea angustifolia*, *Myrtus communis*, *Smilax aspera*, *Lavandula stoechas*, *Laurus nobilis*, *Rubus ulmifolius*, *pistacia lentiscus*.

**2-** Une pinède à Pin mésogéen (*Pinus pinaster*) qui semble correspondre à une formation pré forestière dont certaines parties sont littéralement encastrée au sein des peuplements non résineux, à la faveur d'un relief accidenté où l'on assiste ponctuellement à l'apparition de la roche mère. La pinède est surtout localisée en aval des habitats feuillus. C'est le milieu le moins représenté en surface. Le sous-bois est pauvre et dominé par *Retama sphaerocarpa*. On y observe également : *Calycotome spinosa*, *Erica arborea*, *Cistus monspelliensis*, *Arbutus unedo*, *Phillyrea angustifolia*, *Myrtus communis*, *Rubus ulmifolius*.

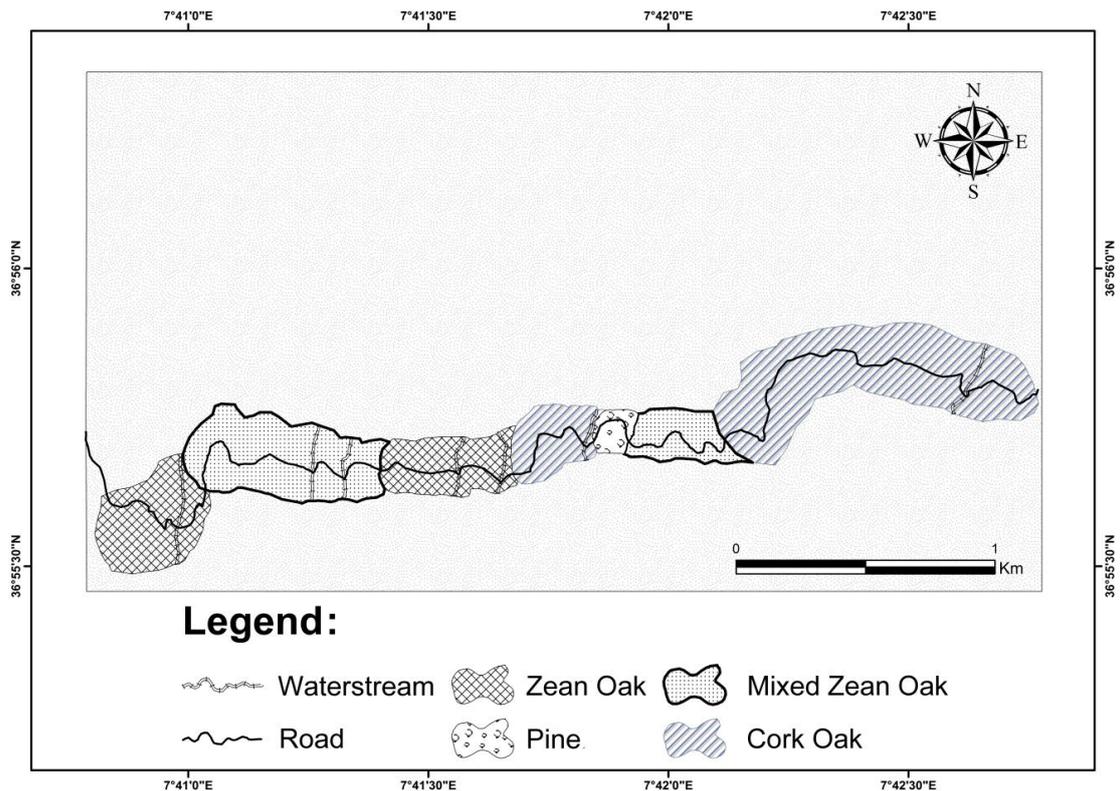
**3-** Une Zénaie mixte dont la strate arborée comporte du Chêne Zéen (*Quercus canariensis*) ; du Chêne liège (*Quercus suber*) et du Pin mésogéen (*Pinus pinaster*) ; avec un sous-bois parfois dense composé de : *Calycotome villosa*, *Calycotome spinosa*, *Erica arborea*, *Cistus monspelliensis*, *Cistus salviifolius*, *Arbutus unedo*, *Viburnum tinus*, *Cytisus triflorus*, *Phillyrea*

*angustifolia*, *Myrtus communis*, *Smilax aspera*, *Lavandula stoechas*, *Laurus nobilis*, *Rubus ulmifolius*, *pistacia lentiscus*, *Hedera helix*, plus des plants de cerisiers sauvage *Prunus avium*

4- Une Zénaie pure à (*Quercus canariensis*) qui s'est mise en place à partir de 450 m d'altitude à la faveur de l'importante pluviosité qui caractérise ce versant exposé Nord. Cette formation est caractérisée par des arbres qui dépassent parfois 30m de haut, un sous-bois relativement dense et haut, composé de : *Calycotome villosa*, *Erica arborea*, *Cistus salviifolius*, *Arbutus unedo*, *Viburnum tinus*, *Cytisus triflorus*, *Phillyrea angustifolia*, *Myrtus communis*, *Rhamnus alaternus*, *Smilax aspera*, *Laurus nobilis*, *Rubus ulmifolius*, *Pteridium aquilinum*, *Hedera helix*, plus des plants de cerisiers sauvage *Prunus avium*.



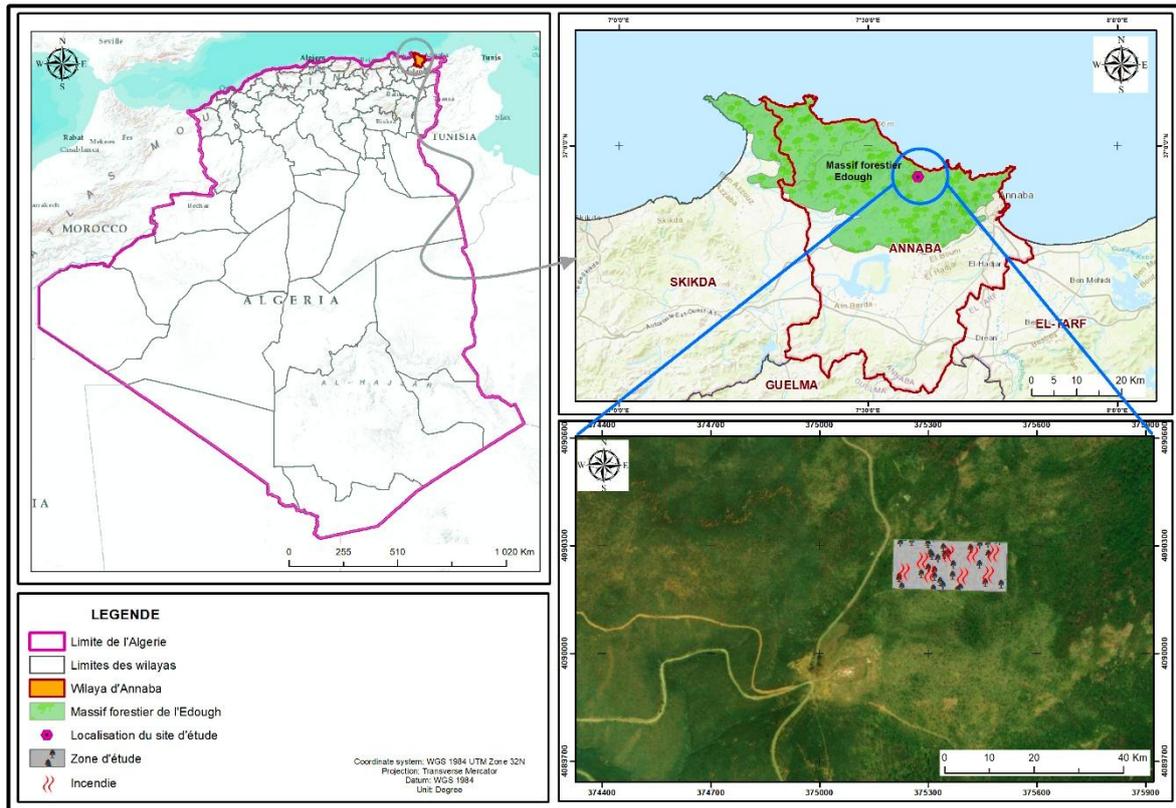
**Figure 27 : Photos du site d'étude Ain Bocal (© Laref Nariman)**



**Figure 28 : Carte représentative des habitats forestiers du site Ain Bocal (Laref et al,2022)**

- **Présentation du Site 02 : Milieu post incendié de Sidi Nour**

En vue d'étudier la résilience forestière et le pouvoir des rhopalocères à recoloniser les sites endommagés nous avons mené des campagnes d'échantillonnage dans une forêt post -incendiée située au Nord du massif de l'Edough à 576 m d'altitude et à proximité de la route CW16 dans le secteur T de Ain Barbar (figure 29).



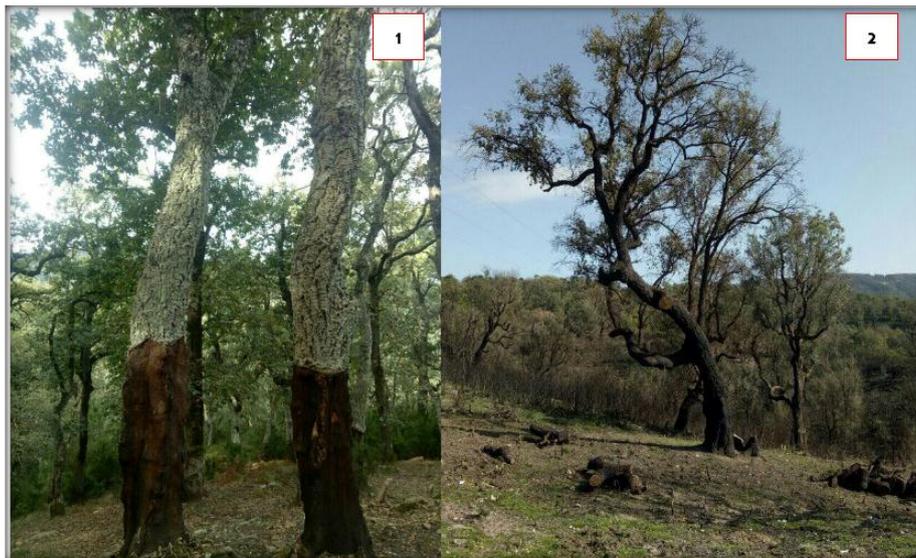
**Figure 29 : carte représentative de la localisation du site 02 Sidi Nour (Présent travail)**

Le site se présente en une subéraie à *Quercus suber* avec des plots éparpillés de pin maritime non cultivés, qui se retrouvent dans la zone par effet de la dissémination du pollen, le cortège accompagnateur présente un noyau d'espèces fidèles composé de *Cytisus triflorus*, *Erica arborea*, *Cistus monspelliensis*, *Arbutus unedo*, *Rhamnus alaternus*, *Phyllirea angustifolia*, *Rubus ulmifolius*, *Crataegus monogyna* et *Myrtus communis*, *Smilax aspera*, *Lavandula stoechas*, *Laurus nobilis* et *Pistacia lentiscus*. Sous ambiances humides, la dégradation des chênaies aboutit souvent à des formes diversifiées d'adaptation de la végétation. La formation des maquis est très liée aux peuplements de chêne liège. Elles sont dominées par les espèces : *Erica arborea*, *Cytisus triflorus*, *Arbutus unedo*, *Cistus salvifolius*, *Lavandula stoechas*, *Rhamnus alaternus*, *Crataegus monogyna*, *Rubus ulmifolius*, *Smilax aspera*, *Clematis flammula*, *Genista sp.*, *Calycotome spinosa*...etc.

Selon les informations fournies par la **Conservation des forêts de la wilaya de Annaba**, la zone a subi un incendie le 10 Aout 2021 à 12H 45 min mais les autorités ont pu le stopper le 14 Aout 2021 à 13H 00 min. Le feu a parcouru une distance de 2490 ha en touchant les essences suivantes : le Chêne liège, le pin maritime et les broussailles.



**Figure 30 : Photographie de la forêt incendiée de Sidi Nour (Laref Nariman)**



**Figure 31 : Photographie du chêne liège (1 : état naturel ; 2 : état incendié) (Laref Nariman)**



Figure 32 : Photographie du cortège floristique et la flore du maquis en milieu naturel (a : *Climatis flammula* ; b : *Crataegus monogyna* ; c : *Cistus salvifolius* ; d : *Cytisus triflorus* ; e : *Daphne gnidium* ; f : *Rubus ulmifolius* ; g : *Calycotome villosa* ; h : *Lavandula stoechas*) (Laref Nariman)

## II.4.2 Description de la stratégie d'échantillonnage des Rhopalocères

### A. Technique de travail sur terrain

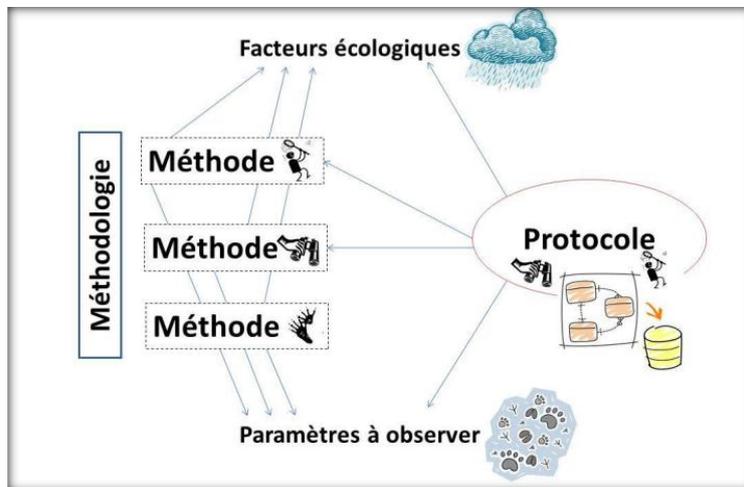
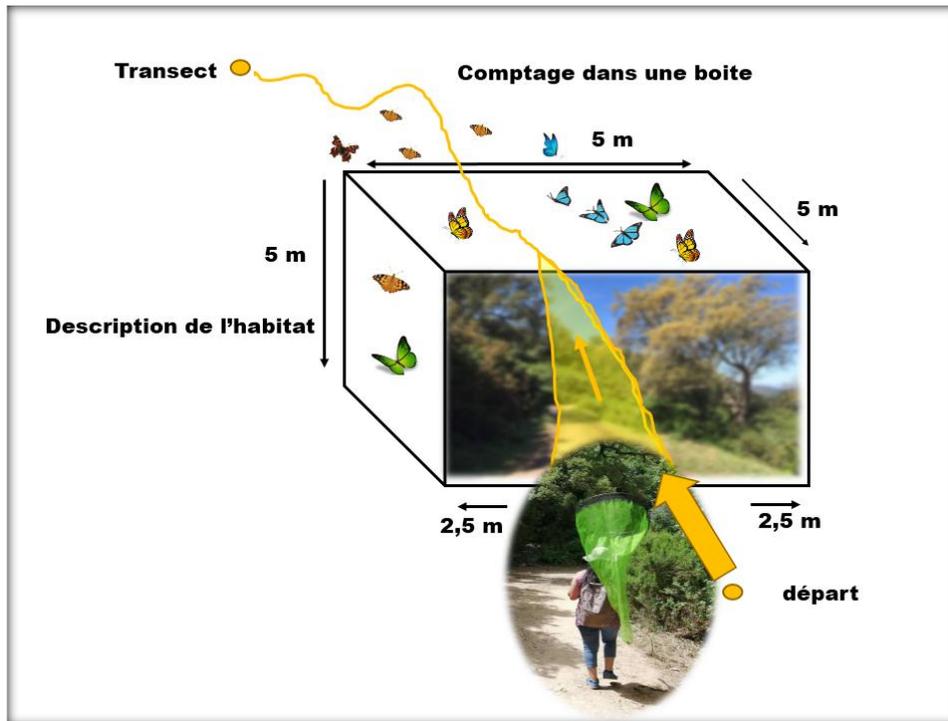


Figure 33 : L'articulation des protocoles (Ichter et al ,2014)

Nous avons mené une étude à raison de d'une sortie par semaine durant toute la période d'étude. Nous avons adopté la méthode de transect linéaire (*line transect*) dérivée de la méthode standard britannique **BMS** (Butterfly monitoring shem). La méthode décrite par **Moore 1975**, consiste en un comptage visuel régulier (au minimum une fois chaque semaine pendant la période d'apparition des espèces) des individus rencontrés le long d'un même itinéraire parcouru à pied, divisé en plusieurs sections (tronçons). Les comptages s'appliquent exclusivement aux imagos, seuls sont comptés les papillons qui sont présents sur une distance de 2,5 m de part et de l'autre de l'observateur (largueur de 5 m), et dans les 5 m devant l'observateur qui soit libre de se déplacer dans la boîte virtuelle fig.34. L'échantillonnage doit s'effectuer à une vitesse constance de 2 km/h. Bien que la détermination se fasse essentiellement à vue avec l'appui d'une paire de jumelle si c'est nécessaire, certains individus nécessitent une capture temporaire afin de vérifier un critère (**Langlois et Gilg,2007**). En outre, nous avons procédé à utiliser une deuxième technique **IKA** (indice kilométrique d'abondance) qui nous permet de parcourir de longues distances en tant que présents en milieu forestier, répondant à la limite de la méthode du transects qui s'applique généralement aux prairies et les petites parcelles. C'est une technique de comptage de la faune terrestre. Elle a été développée en **1958** par **Ferry et Frochot**. Elle consiste à parcourir des transects à pied et à une vitesse constante pour détecter la faune présente lors du passage d'un observateur, il doit noter pour chaque espèce observée le nombre d'individus rencontrés et leurs positions sur le Transect. Cela permet le suivi d'un indice d'abondance de plusieurs espèces définies, en comptabilisant le nombre d'individus de chaque espèce contactée lors d'un passage sur les transects, après chaque relevé, on continue sans revenir au point de départ (**Holder ; 2004**).



**Figure 34 : La méthode du transect linéaire pour l'échantillonnage des rhopalocères (Laref Nariman)**

Durant l'échantillonnage ; l'abondance de chaque espèce est notée. Toutes les sorties ont été effectuées le matin à partir de 9h jusqu' à 14h, dans de bonnes conditions météorologiques. En effet, de par leur biologie particulière, les Lépidoptères imposent pour leur étude, des méthodes d'échantillonnage liées à des considérations saisonnières (Conditions météorologiques favorables c'est à dire des journées sans vent, sans pluie et plus ou moins ensoleillées) jamais en dessous de 13°C, entre 13 et 1 JOC pour un ensoleillement minimal de 60 % et sans la contrainte d'ensoleillement au-delà de 17°C si ce n'est la force du vent ne devant jamais dépasser le niveau 5 sur l'échelle de Beaufort (pas plus de 40 km/h). Le résultat essentiel est la détermination d'un indice d'abondance pour chaque génération de papillons (Ouin,2000).

#### **a) capture des papillons**

Quand le papillon est en vol ; la chasse s'effectue par un large mouvement horizontal (Pestmal-sainsauveur ; 1978). D'un coup rapide ; le filet est orienté vers l'insecte de façon ce qu'il pénètre profondément dans le cône de tulle (Benkhelil ;2001)

#### **b) comptage**

Dénombrement visuel le long d'un itinéraire fixe (Demerges ;2003) ; seulement sont compté les imagos qui se présentent sur une distance de 2.5m de part et d'autre de l'observateur ; soit sur une largeur de 5m (Manil et al ; 2006).

### c) Conservation

Les spécimens difficiles à identifier et le représentant de chaque espèce ont été conservés dans des boîtes en plastique ou bien des papillotes.



Figure 35 : Protocol de capture et comptage sur terrain (Laref Nariman)

### B. Technique de travail dans le laboratoire

Les rhopalocères capturés par le filet ont été transportés au laboratoire dans des papillotes ou boîtes en plastique. Le travail de laboratoire comporte les étapes suivantes :

#### a. Mise mort

Avant que le papillon s'abime ; nous contribuons à le tuer dans des bocaux dits pots de la mort à l'intérieur desquels on sacrifie les spécimens à l'aide d'un coton imbibé avec du formol ; sans qu'il y ait un contact entre le papillon et le produit létal.

#### b. Étalage

Le papillon est retiré de sa boîte ; on lui choisit un étaloir correspondant à sa taille (rainure convenable au thorax) (Kherris 2001). Pour l'étaler ; on pique l'épingle ayant déjà transpercé le thorax du lépidoptère mort dans la rainure centrale de l'étaloir (Leraut ;1992) jusqu'à ce que le bas du corps du papillon soit à 2.5cm de hauteur sur l'épingle (Cote ;2000) on note le lieu la date de capture et le nombre de capture.

#### c. Identification

Nous avons identifié nos spécimens à l'aide des guides :

- ✓ Papillons d'Europe et d'Afrique du nord ; 2015 (Tom Tolman et Richard Lewington)
- ✓ The Butterflies of Morocco, Algeria and Tunisia (John Tennent 1996)

#### d. Mise en collection

Après le séchage des papillons étalés on procède à les placer dans une boîte entomologique vitrée avec des étiquettes minuscules sous le spécimen ; à mis hauteur de l'épingle. L'étiquette fournit les détails : endroits de la capture ; date ; nom du collectionneur ; nom du papillon. Dans un coin de la boîte, nous avons utilisé de la naphtaline ou du paradichlorobenzène pour protéger notre collection contre le développement des moisissures (Tremblay, 2003).



Figure 36 : Protocole de travail au laboratoire (Laref Nariman)

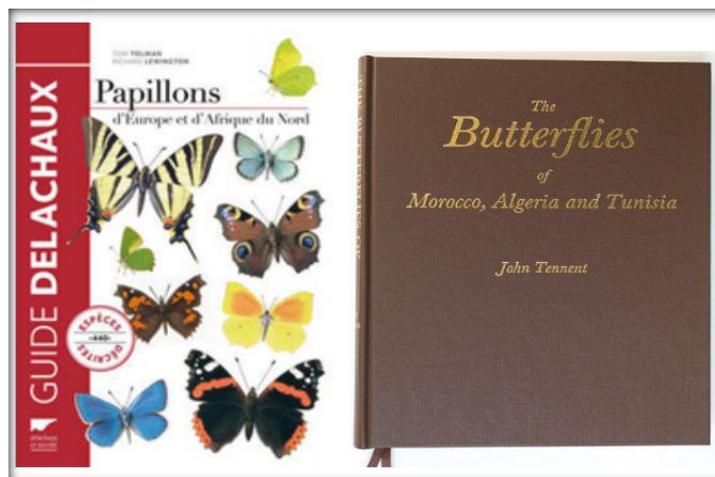


Figure 37 : Clés d'identification utilisés pour la détermination des rhopalocères

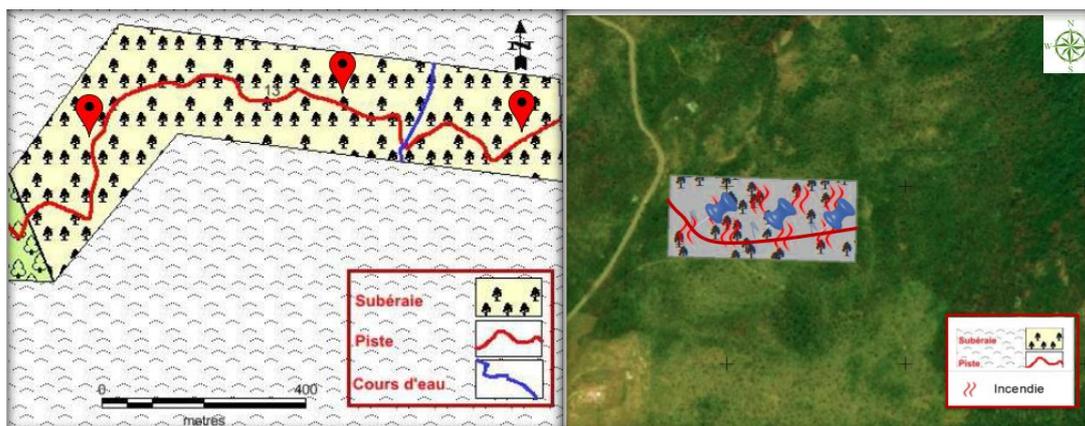
### II.4.3 Technique d'échantillonnage du sol

Afin de caractériser l'environnement édaphique, nous avons entrepris un échantillonnage du sol au niveau des deux localités d'étude. Un échantillonnage systématique

a été mené, à raison de 250 m entre deux échantillons aléatoire a été mis en place où trois prélèvements aléatoires ont été pris dans chaque site (figure 38). Pour chaque échantillon, nous avons prélevé 500 gr de sol à l'aide d'une pelle, en prélevant la couche de surface (10 cm).

Le prélèvement a été réalisé aux mêmes emplacements et aux mêmes dates d'échantillonnage du matériel biologique, et les échantillons ont été stockés dans des sacs en plastique correctement libellés (site, strate, couche, date de prélèvement) et conservés dans une glacière pour être acheminés vers le laboratoire en vue d'analyses. Nous avons mélangé les trois échantillons de chaque site pour en obtenir un seul échantillon représentatif des points aléatoires.

Une fois au laboratoire, les échantillons de sol sont séchés à l'air libre à température ambiante pendant une semaine, avant la séparation des éléments grossiers de la terre fine, puis émottés, broyés et tamisés l'aide d'un tamis à maille ronde de 2 mm pour obtenir de la terre fine qui servira l'analyse des différents paramètres édaphiques (selon le protocole normalisé NF ISO 11464).



**Figure 38 : les points d'échantillonnage du sol dans les deux transects des deux sites.**

L'analyse physico-chimique concerne les paramètres suivants :

**a. pH** : représente l'état d'acidité du sol à travers la concentration en ion  $H^+$ , l'activité du sol, tout comme la disponibilité de la majeure partie des éléments nutritifs dépend du pH (**Baize, 1989 in Bazri 2017**). (**Annexe tab 01**)

Nous avons effectué la mesure du pH à l'aide, d'un pH-mètre (model HANNA HI 2210) étalonné avec deux solutions à pH connu (pH 4 et pH 7) à 20°C, dans une suspension de sol et d'eau distillée, dans un rapport (1/5), après agitation pendant 1 h, selon la norme (NF X 31-117 1999). Les valeurs d'interprétation du pH sont prises en compte en se basant sur la norme selon **Baize, 1989**.

**b. Conductivité électrique (CE) :** Elle définit la quantité totale en sels solubles correspondant à la salinité globale du sol. Elle dépend de la teneur et de la nature des sels solubles présents dans ce sol (**Baize, 1989** in **Bazri 2017**). Exprimée en ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Notre étude a fait l'objet d'une mesure à l'aide d'un conductimètre de type (HANNA HI 2315) sur une suspension de sol avec un rapport sol/solution 1/5, dans de l'eau distillée après une agitation pendant 2 heures selon les protocoles NF ISO11256. La classification selon la CE est donnée selon le tableau fait par (**Durand J H ,1983**). (Annexe tab 02)

**c. Humidité (H%) :** La grandeur qui caractérise la teneur du sol en eau à un moment donné est appelé humidité du sol (**Kaouritchev, 1983**). Chaque sol contient de l'eau. La capacité de rétention de l'eau d'un sol varie beaucoup en fonction de la porosité. L'eau se retrouve généralement dans les pores. Elle y est retenue par des forces physiques qui sont d'autant plus grandes que les pores sont plus petits. L'humidité hygroscopique provient de l'humidité atmosphérique et forme une mince couche autour des particules du sol. Elle est très énergétiquement retenue et ne peut être utilisée ni par la faune ni par la flore du sol. (**Mbakwiravyo, 2009**). Le calcul de l'humidité a été fait par la pesée avant et après dessiccation de 5g de sol dans une étuve modèle (nuve FN 400) à 105°C pendant 24h selon le protocole NF ISO 11465.

**d. Matière organique (MO) ; Carbone organique (CO):** la matière organique est définie comme étant un mélange de résidus d'origine animale ou végétale à différents stades de décomposition. Son taux caractérise le sol et agit directement sur ses propriétés physiques et chimiques.

La détermination du taux de la matière organique a été réalisée selon la méthode de ANNE. Le taux de la matière organique est ensuite calculé selon le rapport :  $\text{MO}\% = \text{CO}\% \times 1,72$   
L'interprétation du taux de la matière organique est basée selon les travaux de **Soltner, 1981** (Annexe tab 03 et 04,).

**e. Granulométrie :** l'analyse granulométrique consiste à classer les éléments minéraux constitutifs du sol (argiles, limons et sables) par catégories de diamètre et déterminer le pourcentage de chaque fraction. L'analyse granulométrique a été effectuée selon le protocole standardisé des fractionnements granulométriques en utilisant la technique internationale de la pipette de Robinson (Norme AFNOR X31-107, 2003) .

**f. Densité réelle :** représente la masse volumique des éléments solides du sol, elle définit ainsi sa porosité. La densité réelle est fonction de la richesse en matière organique et de la nature des minéraux. (**Belkhiri et al., 2010**). **Protocole** selon (K HENIN) méthode Henin et Monnier

**g. Capacité d'échanges cationiques (CEC) :** c'est la quantité de cations que le sol peut retenir sur son complexe adsorbant à un pH donné. La capacité d'échange cationique (CEC) est une mesure du pouvoir d'un sol à retenir et échanger des cations. Il s'agit d'un indicateur relatif du potentiel de fertilité d'un sol. Les sols ayant une CEC élevée peuvent retenir davantage de cations et possèdent une plus grande capacité à les échanger que les sols ayant une faible CEC (**Ollat et Combeau,1960**). Les cations qui sont le plus souvent mentionnés dans un rapport d'analyse de sol sont les suivants: le potassium ( $K^+$ ), le magnésium ( $Mg^{2+}$ ) et le calcium ( $Ca^{2+}$ ). Certains rapports indiquent aussi l'hydrogène ( $H^+$ ) et le sodium ( $Na^+$ ). Les cations sont des ions d'éléments nutritifs chargés positivement.

La capacité d'échange cationique a été mesurée par la méthode Metson soit par absorption atomique ou colorimétrie de norme AFNOR NF X31-130 (**Saragoni et al., 1992**).

**h. Azote assimilable :** facteur principal pour la production et la satisfaction des besoins des cultures, occupe la première place dans la démarche d'optimisation des productions végétales, il est présent sous différentes formes dans l'air, le sol et les êtres vivants. Nécessaire à la croissance des plantes, seule sa forme minérale soluble (nitrate ou ammonium) est assimilable. Dans le sol, ces formes d'azote minéral et organique sont transformées selon différents processus qui dépendent des conditions telles que l'humidité ou la température. Ces transformations sont continues et l'azote évolue en permanence entre ses différentes formes organiques et minérales (**Comifer, 2013**).

**i. Phosphore assimilable :** Le phosphore (P) est un élément nutritif essentiel de la nutrition minérale des plantes au même titre que l'azote et le potassium. Il est toutefois un élément nutritif critique des plantes à cause de sa faible concentration dans le sol (teneur moyenne de 600 ppm de P total) et de sa faible solubilité (moyenne de 0,05 mg P L<sup>-1</sup> de solution du sol). Le phosphore existe dans le sol sous les formes inorganique et organique. Les formes inorganiques sont associées à des composés amorphes ou cristallins d'aluminium et de fer dans les sols acides et à des composés de calcium dans les sols alcalins. Les formes de P organique sont associées à la matière organique du sol (**Schoumans,2014**).

Le Protocole a suivi la méthode **TRUOG**. Le phosphore assimilable a été dosés suivant la norme internationale NF ISO 11263 (**Buol et al., 2011b**).

**j.Bases échangeables :** Les prospecteurs et pédologues ont trop souvent l'habitude de considérer que la somme des bases échangeables d'un sol et la saturation du complexe adsorbant, dues pour 70 à 95 % au calcium et au magnésium, dépendent étroitement de la nature

de la roche-mère, malgré les pertes énormes en éléments minéraux enregistrées lors de la décomposition de cette roche-mère (**Boyer, 1978**).

❖ **Le Calcium** : Le Calcium, est un élément qui varie comme le Magnésium et leur concentration dans l'eau dépend aussi du substrat géologique traversé (**Bouchelaghem, 2010**). Le calcium se trouve en trois formes dans le sol :

1. Minéraux essentiellement carbonatés (calcite et dolomite) et sulfatés (gypse).
2. Adsorbé sur les particules argileuses et organiques (Capacité d'Echange Cationique). Même en sol acide, l'ion calcium représente la fraction la plus importante des cations échangeables.
3. En solution dans le sol La solubilisation de la roche calcaire dissocie le carbonate de calcium en cation  $Ca^{2+}$  dont il est question dans ce chapitre et en anion carbonate  $CO_3^{--}$  dont l'effet basique est traité dans la partie « Raisonner la fertilisation ».

❖ **Le Magnésium** : Éléments indispensables à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, leurs origines sont naturelles (dissolution des roches magnésites basaltes, argiles) ou industrielle. La dureté manganésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale. Le magnésium en excès donne une saveur amère à l'eau (**Boyer, 1978**). Dans le sol, le magnésium se rencontre sous 3 états :

1. Minéraux silicatés, argileux et carbonatés
2. Adsorbé sur les particules argileuses et organiques (Capacité d'Echange Cationique)
3. En solution dans le sol

❖ **Le sodium** : Le sodium est l'un des éléments les plus indésirables dans l'eau d'irrigation. Cet élément est origine de l'altération de la roche et du sol, des intrusions d'eau de mer, des eaux traitées et des systèmes d'irrigation (**Couture, 2006**). Le sodium est un métal alcalin. Son origine peut être :

- Naturelle (mer, terrain salé....) ;
- Humaine (10 à 15 g NaCl dans les urines/jour) ;
- Industrielle (potasse, industrie pétrolière) (**Rodier, 2005**).

❖ **Le Potassium** : Le potassium est un métal alcalin, étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau. Sa présence est moins répandue dans la nature (**Boyer, 1978**). La teneur des sols en potassium se situe entre 0,3 et 3 %. Le potassium se trouve dans la solution du sol sous forme d'ions  $K^+$ . Dans la fraction échangeable, les ions de potassium sont absorbés à la surface négativement chargée du complexe argilo-humique (minéraux d'argile et Humus).

L'identification des bases échangeables s'effectue selon la **Méthode Tucker**. Saturation par une solution d'acétate d'ammonium 1N ajusté à pH=7. Le dosage des cations a été effectué par absorption atomique et photomètre à flamme.

**k. Calcaire total** : le constituant essentiel de calcaire est le carbonate de calcium, cristallisé sous forme de calcite à symétrie rhomboédrique (**Djili,2000**). Le calcaire fournit le calcium qui provoque la floculation des colloïdes minéraux et organique du sol, action nécessaire à l'établissement d'un état structural, et permet au sol de créer les réserves, en éléments nutritif (**Eliard, 1979**).

- Les paramètres physico - chimiques ont été analysé au niveau du laboratoire de recherche Sols et développement durable et au niveau du laboratoire d'analyse BNEDER (Bureau national d'étude pour le développement rural, Chéraga Alger).



Figure 39 : Protocoles de l'étude du sol au laboratoire Sols et développement durable

#### II.4.4 Indices écologiques et analyse statistique des données

Nous avons calculé et analysé les paramètres de structure du peuplement de Rhopalocères :

**a. Richesse spécifique** : Elle représente un des paramètres fondamentaux caractéristiques d'un peuplement. On distingue une richesse spécifique totale (S) et une richesse spécifique moyenne (Sm).

**b. Richesse spécifique totale** : La richesse spécifique totale d'une biocénose correspond à la totalité des espèces qui la composent (**Ramade, 1984**).

**c. Abondance « N » :** L'abondance représente le nombre d'individus collectés ou observés durant la saison d'échantillonnage pour chaque milieu.

**d. Indice de diversité de Shannon-weaver :** Selon Ramade (1984), c'est un indice qui permet d'évaluer la diversité réelle d'un peuplement dans un biotope. Cet indice varie en fonction du nombre d'espèces. Il est calculé à partir de la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \log_2(p_i)$$

H' : Indice de diversité de Shannon, il est exprimé en binary digit.

Pi : Probabilité de rencontrer l'espèce i, elle est calculée par la formule suivante :

$$P_i = n_i / N$$

*n<sub>i</sub>* : Nombre d'individus de l'espèce i.

*N* : Nombre total des individus.

#### **e. Diversité maximale**

Appelée aussi diversité fictive dans laquelle chaque espèce serait représentée par le même nombre d'individu (**Ponel, 1983**). Elle se calcule par la formule suivante :

$$H_{max} = \log_2(S)$$

**H<sub>max</sub>** : Indice de diversité maximale exprimé en binary digit.

**S** : Nombre total d'espèces.

#### **f. Indice d'équitabilité ou d'équirépartition**

Correspond au rapport de la diversité observée H à la diversité maximale H<sub>max</sub> où H et H<sub>max</sub> sont exprimés en binary digit.

$$E = H' / H_{max}$$

L'équirépartition (E) varie entre 0 et 1 quand la totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement, celui-ci est en déséquilibre. Elle tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus. Les populations en présence sont équilibrées entre elles (**Ramade, 1984**).

#### **g. Fréquence d'occurrence**

La fréquence d'occurrence est la mesure de la répartition des individus dans le milieu. En effet, des espèces à faible fréquence d'occurrence et à forte abondance spécifique ont une répartition agrégative.

A l'inverse, des espèces à forte fréquence d'occurrence ont une distribution régulière ou au hasard. Elle est calculée comme suit :

$$F = ni' / N \times 100$$

ni' : Nombre de relevés où l'espèce est présente.

N : Nombre total des relevés.

#### **h. Analyses et test statistiques**

L'analyse statistique des données a été effectuée par l'utilisation des logiciels « Minitab 17 » et « PAST 3exe », Nous avons calculé l'ANOVA pour la comparaison des variances, et le test de permutation pour comparer les diversités.

Quant à la représentation graphique des données, elle s'est appuyée sur l'élaboration d'histogrammes et de secteurs. Les matrices ont été établies sous Excel pour le calcul des différents paramètres de structure du peuplement de lépidoptères rhopalocères.

## RESULTATS

### PARTIE 01 : Typologie des Rhopalocères de l'Edough

#### III.1. Identification taxonomique des Rhopalocères de l'Edough

L'utilisation des clés d'identification nous a permis de caractériser au total 31 espèces, que nous avons choisi de présenter dans le **tableau 02**.

Cinq familles taxonomiques ont été caractérisées, en l'occurrence les Lycaenidae, les Pieridae, les Nymphalidae les Hesperidae et les Papilionidae. Dans la famille des Lycaenidae, nous avons identifié 09 espèces, en l'occurrence : *Celastrina argiolus*, *Tomares ballus*, *Glaucopsyche melanops*, *Cigaritis siphax*, *Polyommatus icarus*, *Lampides boeticus*, *Aricia cramera* *Lycaena phlaeas*, et *Glaucopsyche alexis*. Pour la famille des Piéridae on a pu identifier 09 espèces dont : *Colias crocea* ; *Gonepteryx cleopatra* ; *Pieris brassicae* ; *Pieris rapae* ; *Gonepteryx rhamni* ; *Aporia crataegi* ; *Euchloe crameri* ; *Pontia daplidice* et *Anthocharis belia*. Alors que pour la famille des Nymphalidae on a comptabilisé 10 espèces : *Charaxes jasius* ; *Coenonympha arcaniodes* ; *Pararge aegeria* ; *Vanessa cardui* ; *Vanessa atalanta* ; *Danaus chrysippus* ; *Melanargia galathea* ; *Argynnis paphia* ; *Maniola jurtina* et *Lasiommata megera*. Tandis que pour la famille des papilionidea on a identifié 02 espèces seulement dont : *Iphiclides feisthamelii* et *Zerynthia rumina* . Quant à la famille des Hesperidae on a enregistré qu'une seule espèce pendant toute la période d'étude : *Thymelicus acteon*.

**Tableau 02. Tableau récapitulatif de l'identification taxonomique du peuplement de Rhopalocères**

ordre	Famille	Nom vernaculaire	Genre	Nom scientifique
	Lycaenidae	Azuré des nerpruns	<i>Celastrina</i>	<i>Celastrina argiolus</i> (Linnaeus, 1758)
		Azuré des cytises	<i>Glaucopsyche</i>	<i>Glaucopsyche alexis</i> (Poda, 1761)
		Azuré de la badasse	<i>Glaucopsyche</i>	<i>Glaucopsyche melanops</i> (Boisduval, 1828)

Lepidopterae		Faux cuivré smaragdin	<i>Tomares</i>	<i>Tomares ballus</i> (Fabricius, 1787)
		Faux cuivré numidie	<i>Cigaritis</i>	<i>Cigaritis siphax</i> (Lucas, 1849)
		Azuré commun	<i>Polyommatus</i>	<i>Polyommatus icarus</i> (Rottemburg, 1775)
		Azuré porte-queue	<i>Lampides</i>	<i>Lampides boeticus</i> (Linnaeus, 1767)
		Collier de corail des Canaries	<i>Aricia</i>	<i>Aricia cramera</i> (Eschscholtz, 1821)
		Cuivré commun	<i>Lycaena</i>	<i>Lycaena phlaeas</i> (Linnaeus, 1761)
	Papilionidae	Voilier blanc	<i>Iphiclides</i>	<i>Iphiclides feisthamelii</i> (Duponchel, 1832)
		Proserpine	<i>Zerynthia</i>	<i>Zerynthia rumina</i> (Linnaeus, 1758)
	Nymphalidae	Fadet maghrébin	<i>Coenonympha</i>	<i>Coenonympha arcaniodes</i> (Pierret, 1837)
		Tircis	<i>Pararge</i>	<i>Pararge aegeria</i> (Linnaeus, 1758)
		Pacha à deux queues	<i>Charaxe</i>	<i>Charaxes jasius</i> (Linnaeus, 1767)
		Vulcain	<i>Vanessa</i>	<i>Vanessa atalanta</i> (Linnaeus, 1758)
		Mégère	<i>Lasiommata</i>	<i>Lasiommata megera</i> (Linnaeus, 1767)

		Belle dame	<i>Vanessa</i>	<i>Vanessa cardui</i> (Linnaeus, 1758)
		Petit monarque	<i>Danaus</i>	<i>Danaus chrysippus</i> (Linnaeus, 1758)
		Demi-deuil	<i>Melanargia</i>	<i>Melanargia galathea</i> (Linnaeus, 1758)
		Tabac d'Espagne	<i>Argynnis</i>	<i>Argynnis paphia</i> (Linnaeus, 1758)
		Myrtil	<i>Maniola</i>	<i>Maniola jurtina</i> (Linnaeus, 1758)
	Pieridae	Citron de Provence	<i>Gonepteryx</i>	<i>Gonepteryx cleopatra</i> (Linnaeus, 1767)
		Souci	<i>Colias</i>	<i>Colias croceus</i> (Fourcroy, 1785)
		Piérade du chou	<i>Pieris</i>	<i>Pieris brassicae</i> (Linnaeus, 1758)
		Piérade de la rave	<i>Pieris</i>	<i>Pieris rapae</i> (Linnaeus, 1758)
		Aurore de Provence	<i>Anthocharis</i>	<i>Anthocharis belia</i> (Linnaeus, 1767)
		Citron	<i>Gonepteryx</i>	<i>Gonepteryx rhamni</i> (Linnaeus, 1758)
		Gazé	<i>Aporia</i>	<i>Aporia crataegi</i> (Linnaeus, 1758)
		Marbré de Cramer	<i>Euchloe</i>	<i>Euchloe crameri</i> (Butler, 1869)

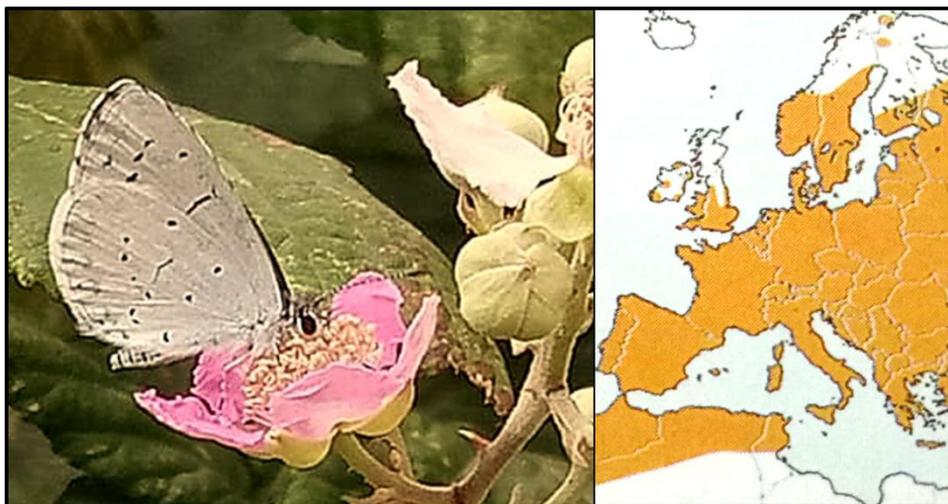
		Marbré de vert	<i>Pontia</i>	<i>Pontia daplidice</i> (Linnaeus, 1758)
	Hesperiidae	Hespérie du chiendent	<i>Thymelicus</i>	<i>Thymelicus acteon</i> (Rottemburg, 1775)

Pour expliquer la présence de ces 31 différentes espèces, nous nous sommes appuyées sur les données caractéristiques de chacune d'entre elles, afin de déterminer la qualité du milieu échantillonné (Chinery et Cuisin, 1994 ; Still, 1996 ; Carter, 2000).

La nomenclature et les informations utilisées concernant chaque espèce y compris les cartes de répartition sont proposées par TOLMAN et LEWINGTON (1999) et TENNENT (1996) comme suit :

➤ **Famille des Lycaenidae** : renferme les espèces suivantes :

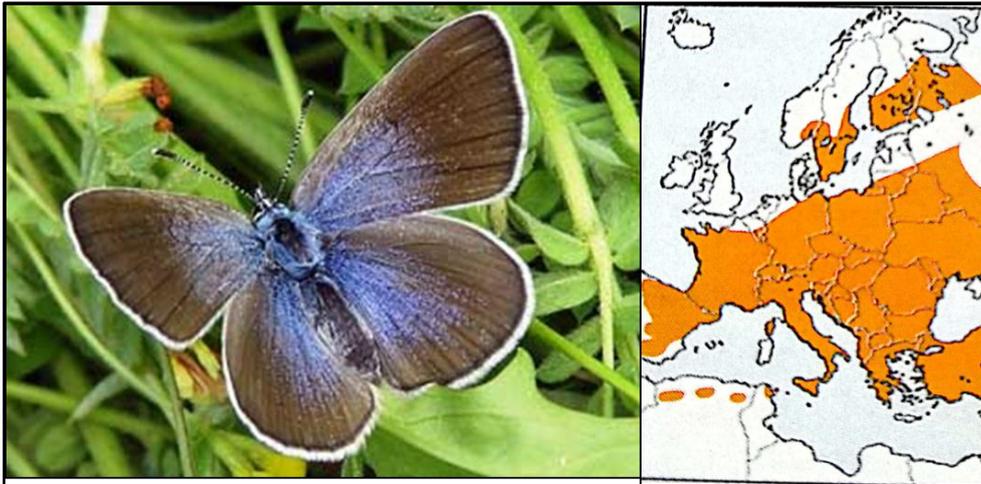
**L'Azuré des nerpruns *Celastrinia argiolus* (Linnaeus, 1758)** : est une espèce commune, sa période de vol débute de Mars jusqu' à mi-Juin/Aout et (parfois Septembre/Octobre). Ses plantes hôtes appartiennent à plusieurs groupements taxonomiques : *Rubus fruticosus*, *Pyracantha coccinea* (rosaceae). L'espèce se répartit dans des habitats comme les clairières, lisières forestières, parcs, haies, jardins. Son aire de répartition s'étend d'Afrique du Nord (0-2600 m) et dans l'essentiel de l'Europe (0-1900m). Il est très répandu en France et, également dans les îles méditerranéennes.



**Figure 40 : *Celastrinia argiolus* et son aire de répartition**  
(Cliché : LAREF.N ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

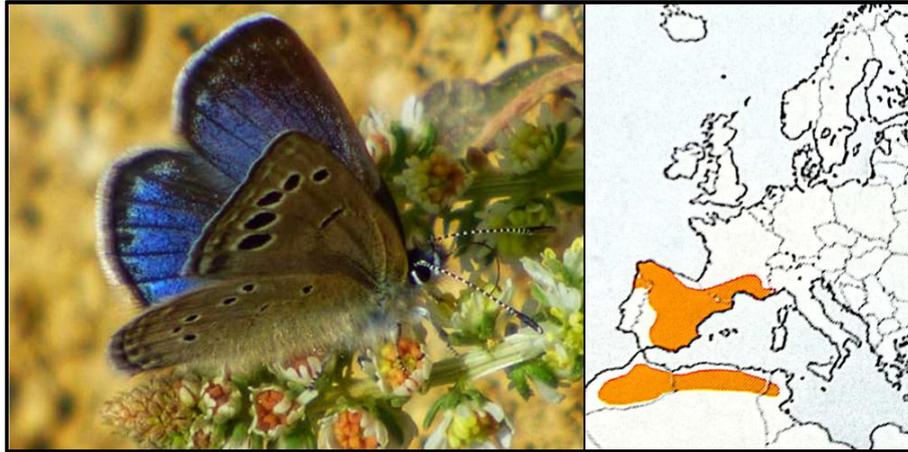
**L'Azuré des cytises *Glaucopsyche alexis* (Poda, 1761)** : est une espèce rare, sa période de vol débute d'Avril jusqu' à début juillet. Leur plante hôte appartient à Plusieurs genres taxonomiques de Fabaceae, dont *Astragalus onobrychis*, *Calicotome villosa*, *Medicago sp.*, *cytisisus sp.*

L'espèce affectionne des Habitat tels que les Talus ensoleillés, broussailles, prairies humides, clairières. L'aire de répartition de cette espèce est l'Algérie, la Tunisie mais également l'Europe.



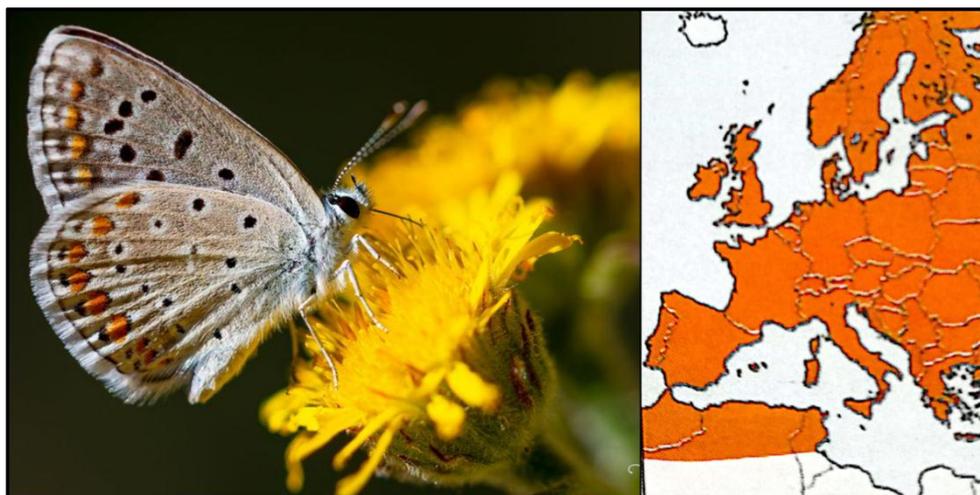
**Figure 41 : *Glaucopsyche alexis* et son aire de répartition**  
(Cliché : Wellings.C ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

**L'Azuré de la badasse *Glaucopsyche melanops* (Boisduval,1828)** : réparti dans l'Afrique du Nord et le sud-ouest de l'Europe, il se distribue sur le Sud-est de la France : Haute-Garonne et Pyrénées-Orientales jusqu'aux Alpes –maritimes vers l'Est. Italie, ouest de la Ligurie (100-800m). Il est Univoltin et vole de mi-Avril à Mai. Il affectionne les broussailles ou bois clairs, souvent là où croisent *Erica arborea* et *Spartium junceum*. Concernant la plante hôte elle inclut plusieurs familles botaniques dont : *Dorycnium decumbens*, *D.suffruticosum*, *Genista sp.*, *Lotus hispidus*, *Anthyllis cytisoides*. Oeufs pondus sur la fleur dont se nourrit la chenille ,laquelle est soignée par *Camponotus foreli*, , *C.micans*, *C.sylvaticus*. Hiverne à l'état de nymphe. *Glaucopsyche melanops algirica* Heyne,1895 est une espèce endémique à l'Algérie et s'étend sur le Maroc , Tunisie et l'Algérie notamment (600-2600 m) , nord du Portugal , Espagne (600-1100m) .



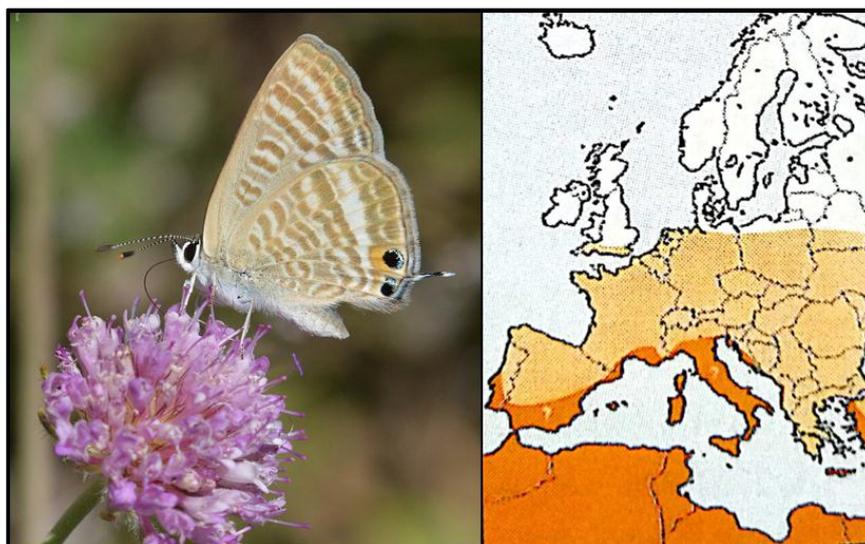
**Figure 42 : *Glaucopsyche melanops* et son aire de répartition  
(Cliché : MEBARKI.T ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)**

**L'Azuré commun *Polyommatus icarus* (Rottemburg ,1775)** : l'azuré commun est présent sur toute l'Europe, Canaries, Afrique du nord, Turquie, Proche et Moyen-Orient, Asie tempérée. Il est réparti et commun en Afrique du NO, 0-2700m ; idem en Europe, y compris dans la plupart des îles méditerranéennes. Son voltinisme lié à l'altitude et la latitude. Univoltin, juin/juillet, en climats les plus froids et en altitude. Son habitat est très varié, jusqu'aux abords des habitations. L'azuré commun possède de nombreux genres et espèces de Fabaceae, dont *Galega*, *Ononis*, *Lotus*, *Medicago*, *Trifolium*, *Melilotus*, *Genista*, *Astracantha*, *Onobrychis*, *Anthyllis*, *Coronilla* dans l'essentiel de l'Europe, souvent *Lotus corniculatus* et *Medicago lupulina*.



**Figure 43 : *Polyommatus icarus* et son aire de répartition  
(Cliché : KABOUCHE.K ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)**

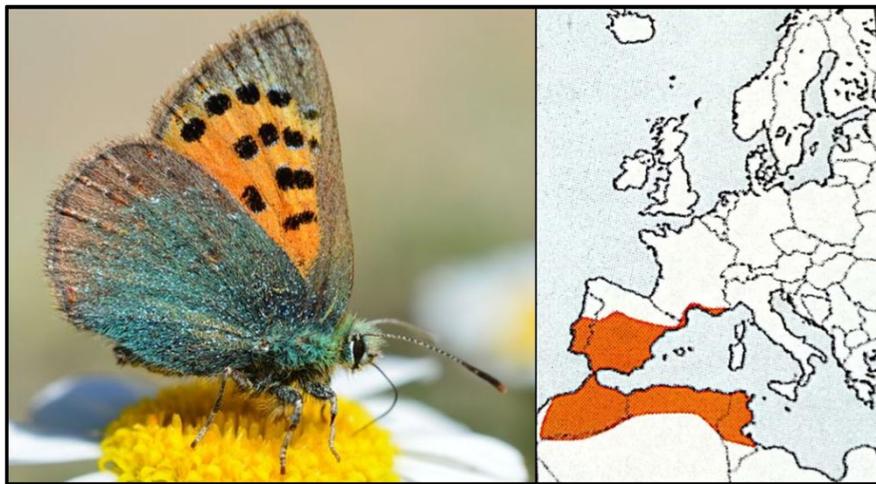
**L'Azuré porte –queue *Lampides boeticus* (Linnaeus,1767)** : il se répartit sur les zones tempérées du globe, se distribue sur les Canaries, NO de l'Afrique. Iles méditerranéennes. Europe, jusqu'à environ 54° N (N de l'Allemagne). Généralement répondu et commun au sud de son domaine, parfois dans les îles Anglo-Normandes. Rare au N de son aire : S de l'Angleterre, N de la France où il s'agit probablement de migrants. L'espèce est peut-être migratrice dans la plupart des régions, le sud y compris. 0-2700 m. Il est polyvoltin, en Afrique du Nord et en Europe : février/novembre, selon les localités. Son habitat est varié ; friches ensoleillées, cultures, parterres des villes. Les plantes hôtes comprennent de nombreux genres de Fabaceae dont la chenille consomme surtout les semences. Canaries, *Cassia didymobotrya*, *Pisum sativum*, *Chamaecytisus palmensis*. Afrique du N et Europe, souvent *Colutea arborescens* (bagueaudier), *Helianthemum helianthemoides* (Afrique du Nord). Parfois nuisible aux cultures, *Pisum sativum* (pois) et *Phaseolus vulgaris* (haricot).



**Figure 44 : *Lampides boeticus* et son aire de répartition**  
(Cliché : HARZALLAH.M ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

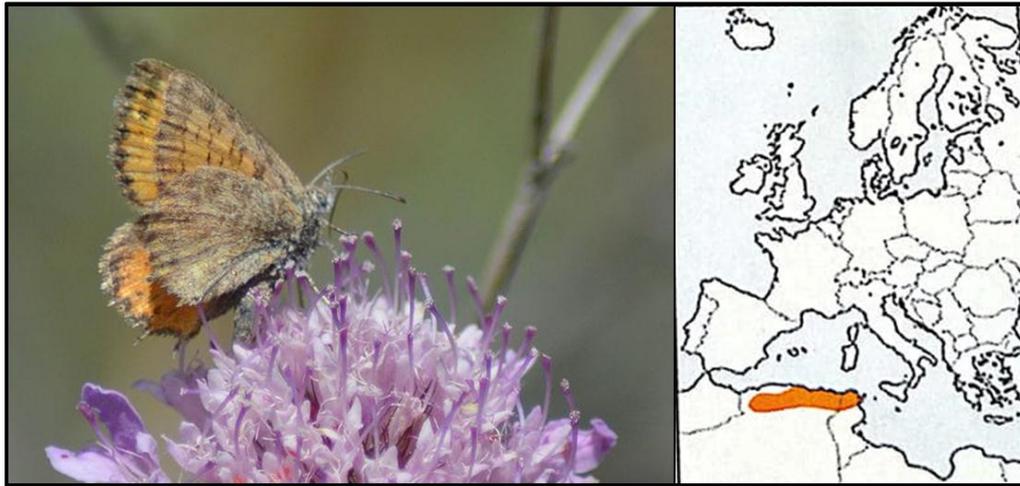
**Le Faux cuivré smaragdin *Tomares ballus* (Fabricius, 1787)** : Le Ballous, fréquente principalement les bandes enherbées en inter-rangs ou en bordure de petites parcelles de vignes extensives cultivées en agriculture biologique et dans les olivettes peu entretenues, souvent en restanques. Il peut également être observé au niveau des plantations de chênes truffiers, des clairières de forêts, des pelouses sèches pâturées de manière extensive, des garrigues ouvertes et des bords de chemins et de routes peu entretenus. Ses habitats de prédilection sont toujours ouverts et abrités du vent, sur calcaire, marne, alluvions quaternaires et parfois substrat cristallin pour les populations les plus orientales du Var. L'unique génération vole de mi-mars à mi-mai

selon les endroits, avec un pic entre fin mars et mi-avril. Les œufs sont pondus sur de petites fabacées rampantes ou semi-ligneuses : luzernes et trèfles (*Medicago* sp.), badasses (*Dorycnium hirsutum*, plus rarement *Lotus dorycnium*), Hippocrépide à deux fleurs *Hippocrepis biflora*, Genêt d'Espagne *Genista hispanica*, Sainfoin tête de coq *Onobrychis caput-galli*, etc. L'œuf incube en une dizaine de jours, puis la chenille, mymécophile, se développe en cinq stades pendant près de deux mois. Partiellement enterrée dans le sol, sous une pierre ou dans une fourmilière, la chrysalide estive, hiberne et libère un papillon au bout de dix mois. (Conservatoire d'espace naturels).



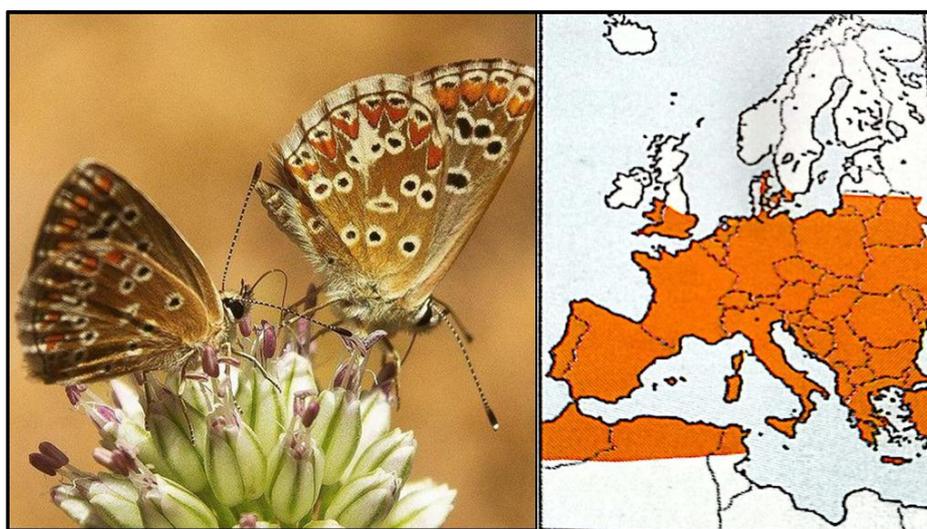
**Figure 45 : *Tomares ballus* et son aire de répartition**  
(Cliché : HOUAIRI.Z ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

**Le Faux-cuivré numide *Cigaritis siphax* (Lucas,1849) :** c'est une espèce endémique de l'Algérie et de la Tunisie. Elle se distribue sur Collo, Bône, Aflou, Khenchala, Timgad et Djurdjura. Elle est trivoltine signalée de Mars/octobre. Son habitat concerne les Collines sèches à *Cistus* .



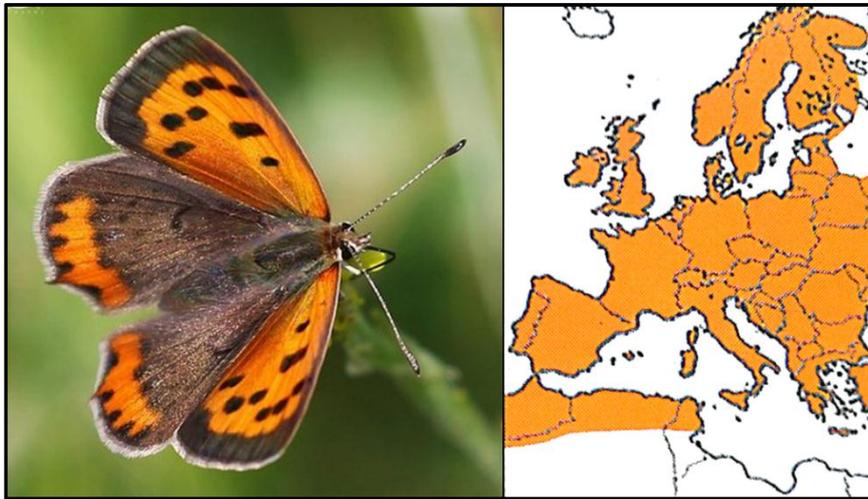
**Figure 46 : *Cigaritis siphax* et son aire de répartition**  
 (Cliché : HARZALLAH.M ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

**Le Collier de corail des Canaries *Aricia cramera* (Eschscholtz, 1821)** : il se distribue aux Canaries de 300 jusqu'à 1600 m ; au Maroc, Algérie et Tunisie entre 0-2500 m ; au Portugal, Espagne et Baléares de 0-1900 m. L'espèce est polyvoltine aux canaries, signalées tous les mois. Bivoltine ou trivoltine en Afrique du nord-ouest et au sud de l'Europe (d'avril à octobre (selon l'altitude). Le collier de corail affectionne les lieux secs fleuris, rocheux, sur sol calcaire. Sa plante hôte regroupe : *Ténérifie*, *Tuberaria guttata* ; *Helianthemum nummularium*. En Espagne et nord-ouest de l'Afrique, représentée par : *Helianthemum*, *Eriodum*, *Geranium* .Les œufs sont pondus surtout à la face supérieures des feuilles dont se nourrissent les chenilles. Celles-ci sont polymorphes et soignées par *Lasius sp.* et *Myrmica sp.*



**Figure 47 : *Aricia cramera* et son aire de répartition**  
 (Cliché : CHERIER.H ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

**Le Cuivré commun *Lycaena phlaeas* (Linnaeus, 1761)** : réparti sur les Canaries, Afrique du nord et de l'Est. Europe, Asie tempérée, dont le Japon. Nord-est de l'Amérique. Il est réparti et commun, au Nord-ouest de l'Afrique il se trouve entre 0-2700 m d'altitude. Du sud du cercle arctique aux îles méditerranéennes entre 0-2400 m. Sa période de vol est de Mai jusqu'au début d'octobre en Europe du Nord (bivoltin). Au moins trivoltin au Sud et en Afrique du Nord (février/fin octobre). Polyvoltin aux Canaries, toute l'année en générations successives qui se chevauchent. Le cuivré fréquente des habitats variés, pratiquement tous types d'habitats (surtout friches). Sa plante hôte concerne les *Rumex sp.*, dont *Rumex acetosella*, *Rumex acetosa*, *Rumex hydrolapatum*, *Rumex scutatus*. Au nord de l'Afrique, également *Rumex thyrsoides*, *Rumex papilio*, *Rumex vesicarius*, *Rumex tingitanus*. Il hiberne à l'état jeune chenille.



**Figure 48 : *Lycaena phlaeas* et son aire de répartition**  
(Cliché : AYYACH.K ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

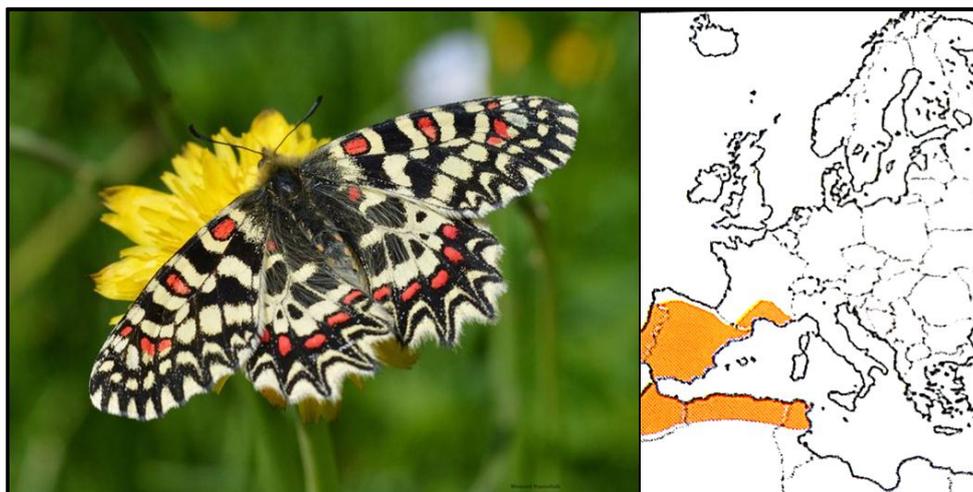
➤ **La famille des *Papilionidea*** : comprends les espèces suivantes :

**Le Voilier blanc *Iphiclides feishthamelii* (Duponchel, 1832)** : est une espèce commune dont la période de vol est de Mars jusqu'à octobre. L'espèce affectionne une plante hôte en l'occurrence les Prunus dont *P.spinosa*, *P.amygdalus* . Les habitats de cette espèce sont les haies, prairies, coteaux secs, broussailles, lisières, ravins et sites chauds. L'aire de répartition s'étend d'Afrique du Nord, jusqu'à l'Europe.



**Figure 49 : *Iphiclides feishthamelii* (cliché Kabouche.K)**

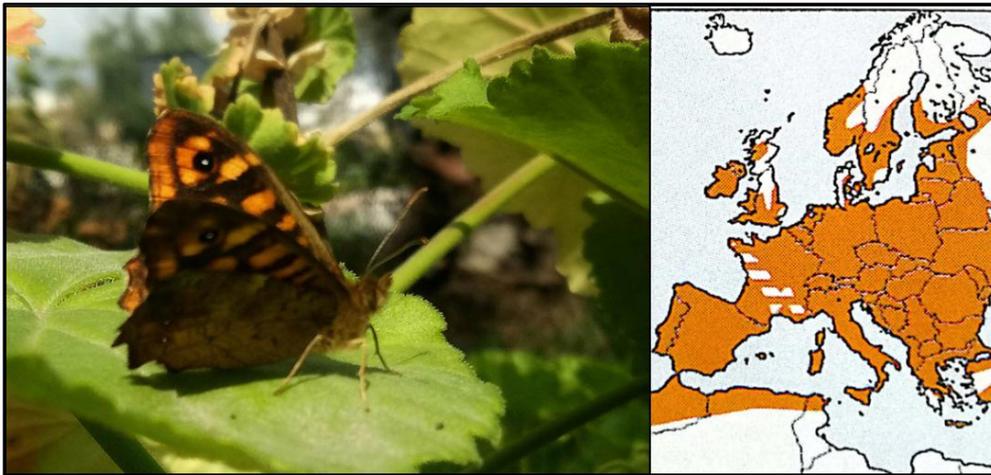
**La Proserpine *Zerynthia rumina* (Linnaeus, 1758)** : elle est répartie au Nord-ouest de l’Afrique et au sud-ouest de l’Europe. Elle est largement répandue et localement commune au Maroc, Algérie et Tunisie entre 0.2100 m, d’ordinaire à moins de 1600 m. La Proserpine est univoltine (fin Mars/Mai) en une génération étirée (les extrêmes étant février /juillet), mais une seconde génération en aout/octobre a été signalée du Sud de l’Espagne et en Afrique du Nord. Son habitat concerne les terrains secs, chauds et rocheux parmi les broussailles, valons côtiers rives asséchées, lieux cultivés, prairies fleuries. Elle pond sur *Aristolochia longapaucinervis* , *A.fontanesi*, *A.rotunda*, *A.pallida* en Afrique du Nord. Sur *Aristolochia pistolochia*, *A.rotunda*,*A.longa*,*A.batica* en Europe. Œufs seuls ou en petits paquets sur les feuilles.



**Figure 50 : *Zerynthia rumina* et son aire de répartition  
(Cliché : HARZALLAH.M ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)**

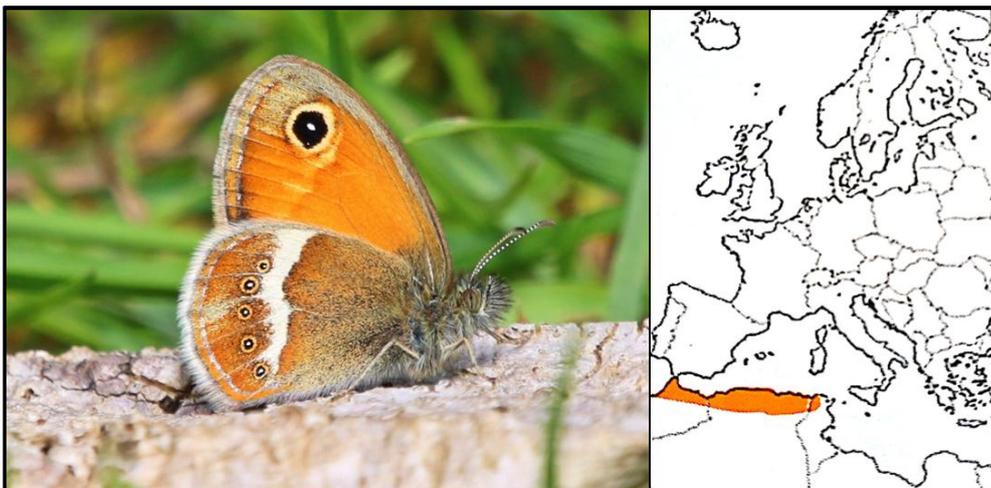
➤ **Famille des *Nymphalidae*** : représentée par les espèces suivantes :

**Le Tircis *Pararge aegeria* (Linnaeus, 1758)** : est une espèce très commune, sa période de vol est de fin février jusqu'en décembre. Ses plantes hôtes sont : *Brachypodium sylvaticum*, *B.pinnatum*, *Cynodon dactylon*. Cette espèce affectionne les habitats tels que les lieux boisés, bois de feuillus, abords de cours d'eau, lisières, haies, même dans les grands parcs en ville. Son aire de répartition est l'Afrique du Nord, l'Europe, la Turquie, et la Syrie.



**Figure 51 : *Pararge aegeria* et son aire de répartition**  
(Cliché : LAREF.N ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

**Le Fadet maghrébin *Coenonympha arcanioides* (Pierret, 1837)** : est une espèce commune. Sa période de vol est d'avril à septembre. Les plantes hôtes de sa chenille seraient les diverses graminées. Il réside dans des lieux broussailleux. Son aire de répartition s'étend d'Afrique du Nord au Maroc, en Algérie et en Tunisie.



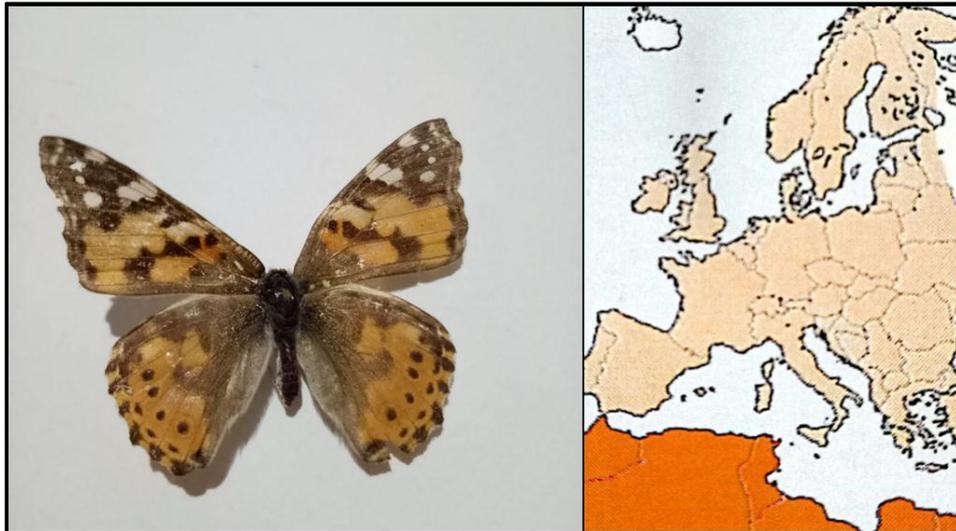
**Figure 52 : *Coenonympha arcanioides* et son aire de répartition**  
(Cliché : MOULAIR ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

**Le Vulcain *Vanessa atalanta* (Linnaeus, 1758)** : est une espèce commune, sa période de vol est de Mai à Octobre, mais c'est en Juillet qu'ils sont les plus abondants. Le vulcain se rencontre dans les endroits fleuris, les jardins où il apprécie spécialement les fruits abimés et fermentés, l'espèce est présente là pousse sa plante hôte dont : *Urtica membranacea*, *Urtica pilulifera*, *Urtica urens* , *Parietaria officinalis*. Son aire de répartition s'étend dans toute l'Europe, Canaries, Afrique du nord, Turquie Iran, Haiti et Nouvelle Zélande et il a été introduit accidentellement dans le continent américain. Le vulcain est un grand migrateur , il se réchauffe souvent sur les murs, les parois rocheuses .Très attiré par les fleurs riches en nectar , telles celles de *Rubus fruticosus* , *Eupatorium cannabinum*, *Hedera helix*, *Sedum spectabilis* et *Buddleia davidii*.



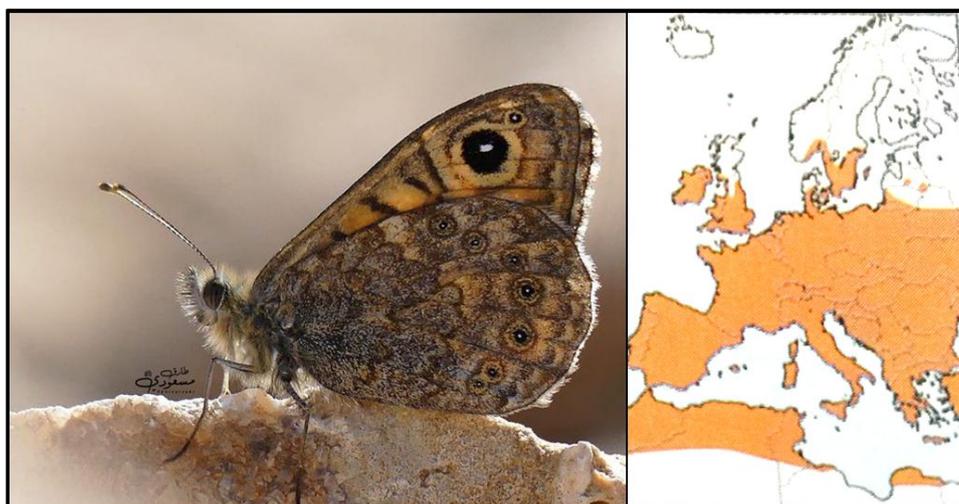
**Figure 53 : *Vanessa atalanta* et son aire de répartition**  
**(Cliché : DADCI.W ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)**

**La Belle-Dame *Vanessa cardui* (Linnaeus, 1758)** : est une espèce migratrice sa période de vol débute d'avril jusqu'à septembre : Ses plantes hôtes appartiennent à plusieurs groupements taxonomiques : *Cucurbitaceae*, *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Vitaceae*, *Malvaceae*, *Brassicaceae*. Son aire de répartition est du sud de la France et de nord de l'Afrique, les adultes migrent jusqu'en Europe du nord.



**Figure 54 : *Vanessa cardui* et son aire de répartition**  
 (Cliché : LAREF.N ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

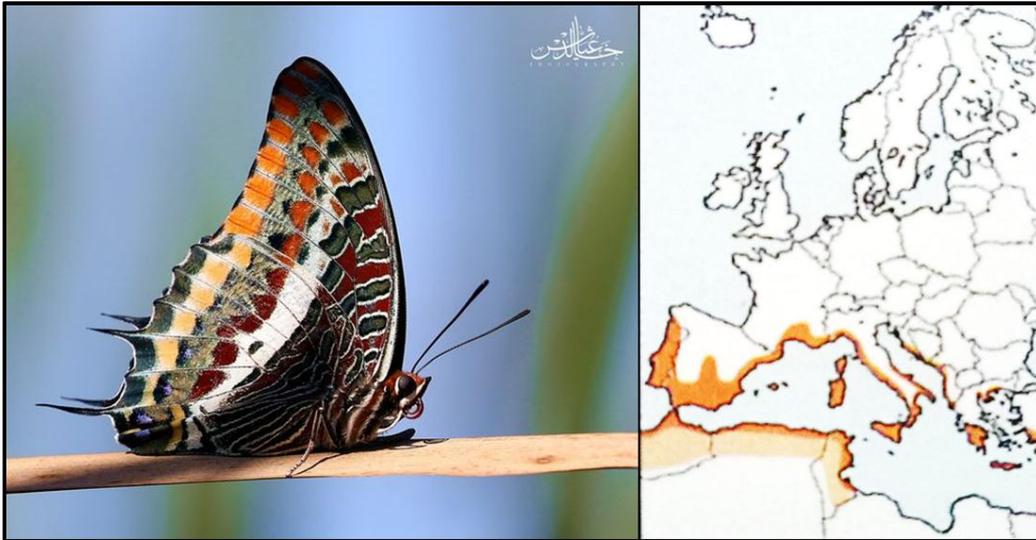
**La Mégère *Lasiommata megera* (Linnaeus, 1767)** : répandu et commun en Afrique du Nord (de 0 à 3000 m d'altitude). En Europe, il atteint la péninsule Ibérique, le sud de la Grèce, la Turquie d'Europe, et l'essentiel des îles méditerranéennes (0-2300 m), rarement au-dessus de 1000 m. Il est bivoltin ou trivoltin, sa période de vol commence du début d'Avril jusqu'à novembre, selon la latitude et l'altitude. Il fréquente des habitats variés, friches broussailleuses, landes claires, sentiers, adrets. Les plantes hôtes incluant *Dactylis glomerata*, *Agrostis tenuis*, *A.gigantea*, *A.capillaris*, *Deschampsia flexuosa*, *Holcus lanatus*, *Festuca ovina*, *Brachypodium sylvaticum*, *B.pinnatum*. L'espèce est très alerte, les mâles s'envolent au moindre bruit de leur support rocheux où ils se réchauffent souvent. Les surplombs rocheux sont appréciés pour passer la nuit.



**Figure 55 : *Lasiommata megera* et son aire de répartition**

(Cliché : MESSOUDI.T ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

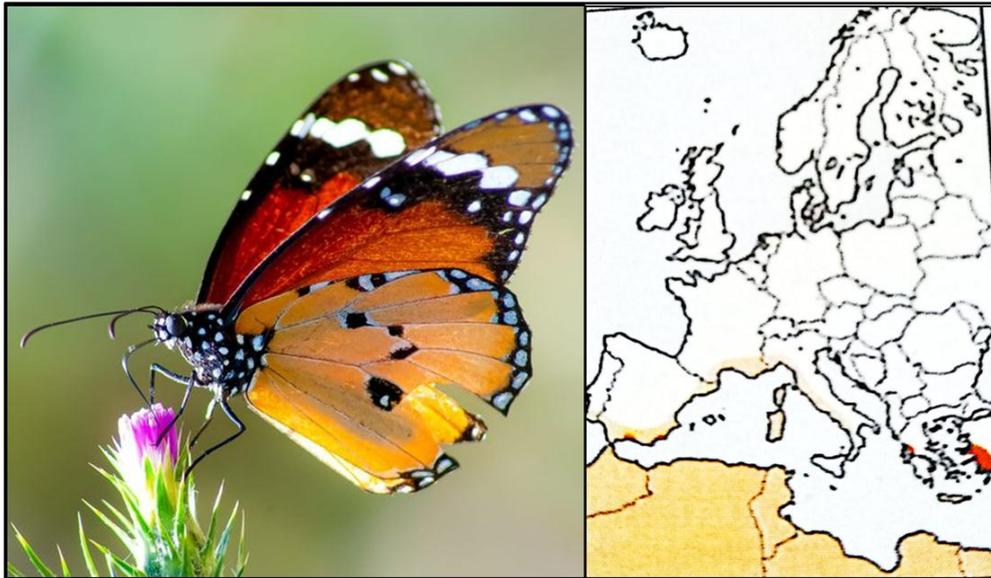
**Pacha à deux queues *Charaxes jasius* (Linnaeus, 1767)** : il se rencontre essentiellement aux cotes littorales méditerranéennes, localement commun dans les régions côtières du Maroc, de l'Algérie, la Tunisie, l'Ouest du Portugal et ailleurs en région méditerranéenne. Il est bivoltin, vole de Mai à Juin, mi-Aout à mi-October. Le Jason fréquente les maquis, les garrigues où abonde la plante hôte dont : *Arbutus unedo*. Il est territorial et se fait attiré par les fruits fermentés ; l'éthanol, le vin et d'autres breuvages alcoolisés fournissent un appât efficace.



**Figure 56 : *Charaxes jasius* et son aire de répartition**

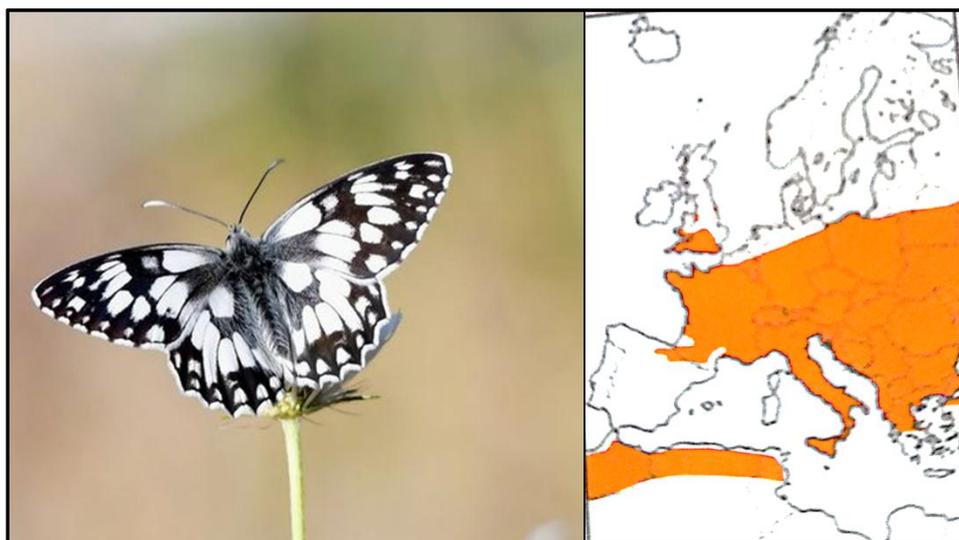
(Cliché : AYYACH.K ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

**Le petit monarque *Danaus chrysippus* (Linnaeus, 1758)** : signalé comme résident et localement commun au Nord de l'Algérie et Tunisie et plus largement observé comme sujet migrateur. Il vole de Mars à Novembre en Afrique du Nord, et de Mai à Octobre en régions méditerranéennes du Nord et de l'Est. Le petit monarque est un migrateur puissant qui affectionne les lieux broussailleux rocheux et vallons côtiers. *Pergularia tomentosa* , *Cynanchum acutum* représentent les plantes hôtes de l'espèce.



**Figure 57 : *Danaus chrysippus* et son aire de répartition**  
 (Cliché : OUABEL.K ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

**Demi- deuil *Melanargia galathea* (Linnaeus, 1758)** : il est présent au Nord-ouest de l'Afrique, Europe et Turquie, répondu et commun au Maroc, Tunisie et Algérie (entre 800 et 2600 m d'altitude). Il émerge au mois de juin et juillet, exceptionnellement de Mai à septembre au niveau des lieux herbus modérément secs et les prairies. La plante hôte inclut plusieurs genres botaniques dont : *Brachypodium pinnatum*, *Brachypodium sylvaticum*, *Poa trivialis*, *Phleum pratense*. Les œufs sont projetés en vol sur les graminées et les adultes butinent particulièrement le nectar des *Centaurea*, *Scabiosa*, *Cirsium* et *Carduus*.



**Figure 58 : *Melanargia galathea* et son aire de répartition**

(Cliché : KHERCHOUCHE.A; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

**Tabac d'Espagne *Argynnis paphia* (Linnaeus, 1758)** : se répartit en Algérie, Europe, Turquie de l'Asie tempérée. Signalé au Blida, massif de Djurdjura, Lambèse, Batna, Aurès, Collo (800-1600 m d'altitude). Il est univoltin (fin mai /septembre), il préfère les clairières ensoleillées à marges buissonnantes d'ordinaire avec des ronces et d'autres plantes riches en nectar, également la plante hôte : *Viola nymbyana*. Les œufs pondus dans les crevasses des écorces des arbres à feuilles caduques situés près d'un lieu où les plantes hôtes poussent à l'ombre en abondance.

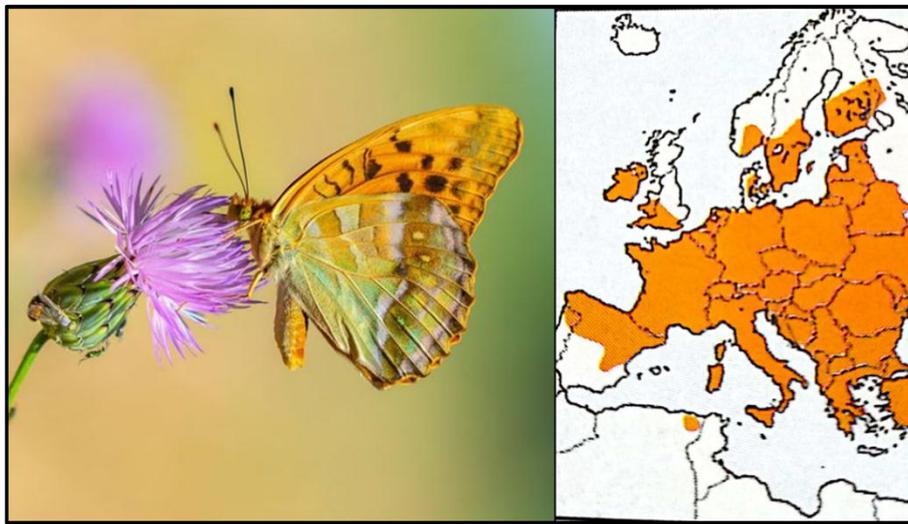


Figure 59 : *Argynnis paphia* et son aire de répartition

(Cliché : KABOUICHE.K ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

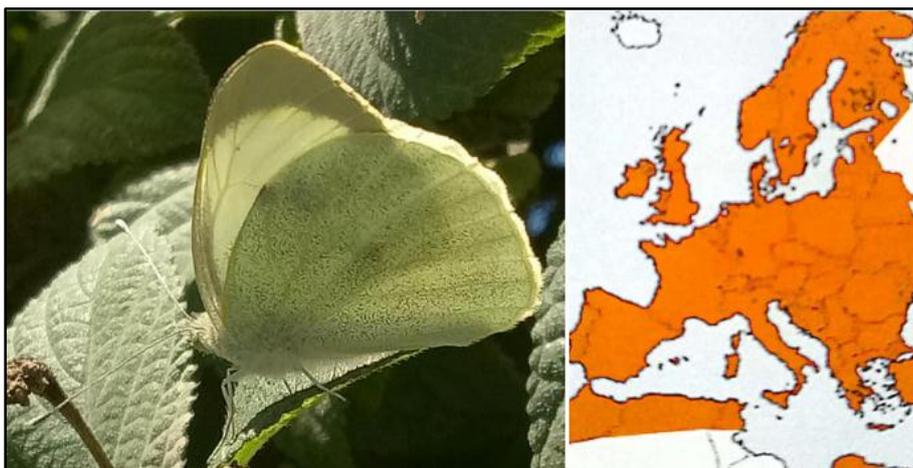
**Le Myrtil *Maniola jurtina* (Linnaeus, 1758)** : présent au Canaris, Nord de l'Afrique, Europe, jusqu'à l'ouest de la Sibérie. Il fréquente des habitats variés, à savoir les lieux fleuris à hautes graminées, bernes des routes, prairies à marguerites, lisières des cultures et des bois, clairières, landes. Sur calcaire comme sur sol acide, en milieu sec ou humide. Le Myrtil possède plusieurs plantes hôtes incluant : *Poa pratensis*, *Lolium pratensis*, *Festuca rubra*, *Festuca arundinacea*, *Agrostis stolonifera*, *Agrostis canina*, *Bromus erectus*, *Brachypodium pinnatum*, *Holcus lanatus*, *Avenula pubescens*, *Alopecurus pratensis*, *Anthoxanthum odoratum*. Les adultes se mettent à l'ombre, cherchant la fraîcheur relative des buissons.



**Figure 60 : *Maniola jurtina* et son aire de répartition**  
 (Cliché : LAREF.N ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

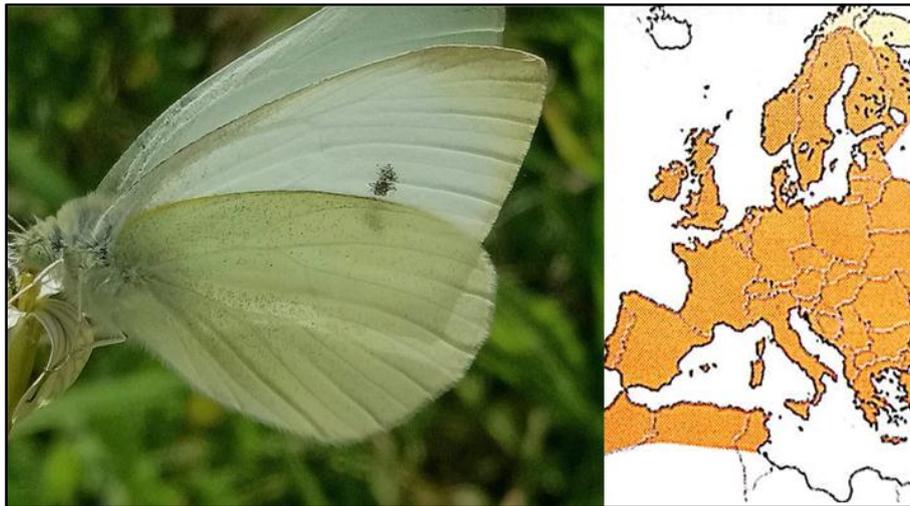
➤ **Famille des *Pieridae*** : renferme les espèces suivantes :

**La Piéride du chou *Pieris brassicae* (Linnaeus, 1758)** : est une espèce répandue et commune dont la période de vol est de Mars/fin octobre. C'est un puissant migrateur. Ses plantes hôte appartiennent à plusieurs groupements taxonomiques : brassicacea ,Capparaceae (*Capparis spinosa*) ; *Tropaeolaceae* (*Tropaeolum majus*). L'espèce affectionne particulièrement les plantes riches en nectar (chardons). L'aire de répartition de l'espèce s'étend depuis l'Afrique du Nord, l'Europe, le moyen orient et Asie jusqu'aux Himalaya, les habitats concernent divers biotopes recelant des plantes hôtes.



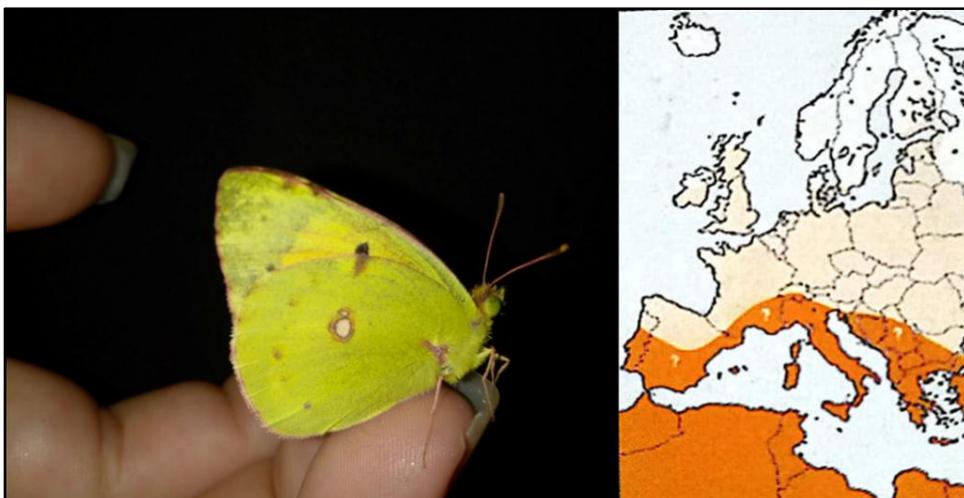
**Figure 61 : *Pieris brassicae* et son aire de répartition**  
 (Cliché : LAREF.N ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

**La Piéride de la rave *Pieris rapae* (Linnaeus, 1758)** : est une espèce commune dont la période de vol débute en mars jusqu'au mois de novembre. Sa plante hôte est principalement les brassicaceae, Capparaceae (*Capparis spinosa*) tropaeolaceae, Resedaceae et Chenopodiaceae ; son habitat est Presque partout où pousse les brassicaceae. L'aire de sa répartition s'étend d'Afrique du nord, Europe, Asie et Japon, avec une introduction en Amérique du Nord et en Australie.



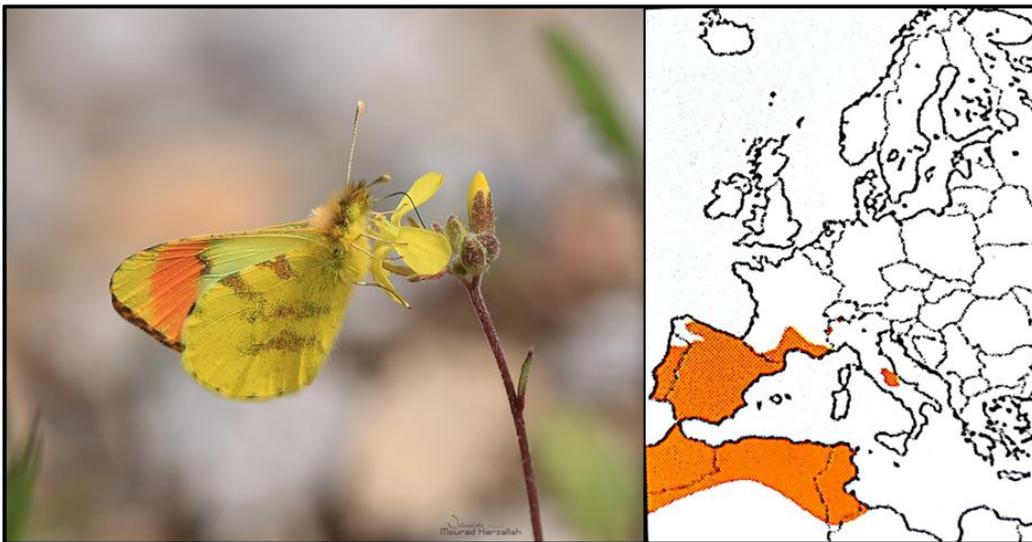
**Figure 62 : *Pieris rapae* et son aire de répartition**  
(Cliché : LAREF.N ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

**Le Souci *Colias crocea* (Fourcroy, 1785)** : est une espèce migratrice, dont la période de vol s'étend de mars jusqu'à novembre, avec un pic d'abondance en automne. L'espèce affectionne plusieurs genres et espèces de *Fabaceae*, dont *Medicago sativa*, *Trifolium pratense*, *Onobrychis viciifolia*, *Lotus*, *Coronilla*. Se répartit dans des Prairies et habitats ouverts. L'espèce est plus commune dans les lieux chauds fleuris (friches, jachères). Son aire de répartition s'étend du Nord de l'Afrique, l'Europe, le proche et moyen orient, et les îles méditerranéennes.



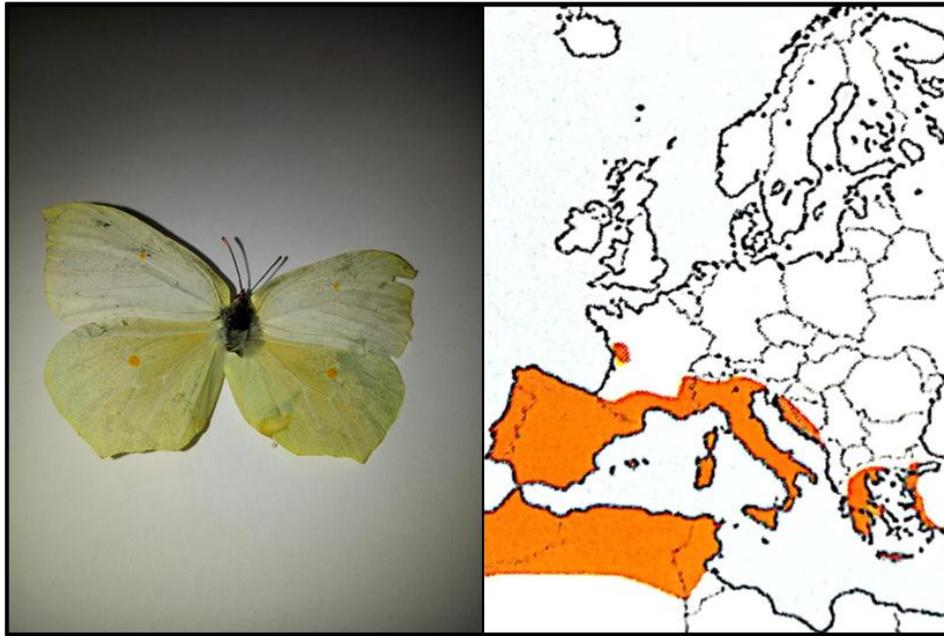
**Figure 63 : *Colias crocea* et son aire de répartition**  
(Cliché : LAREF.N ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

**L'Aurore de Provence *Anthocharis belia* (Linnaeus, 1767)** : est une espèce très commune, sa période de vol commence de février jusqu' à la Fin avril. Sa plante hôte est la *Biscutella lyrata* , *Biscutella didyma* . L'espèce est répartie dans les Prairies humides, lisières de bois, haies, et clairières. Son aire de répartition s'étend Afrique du Nord, SO de l'Europe, répondu et généralement commun au Maroc, Algérie et Tunisie .



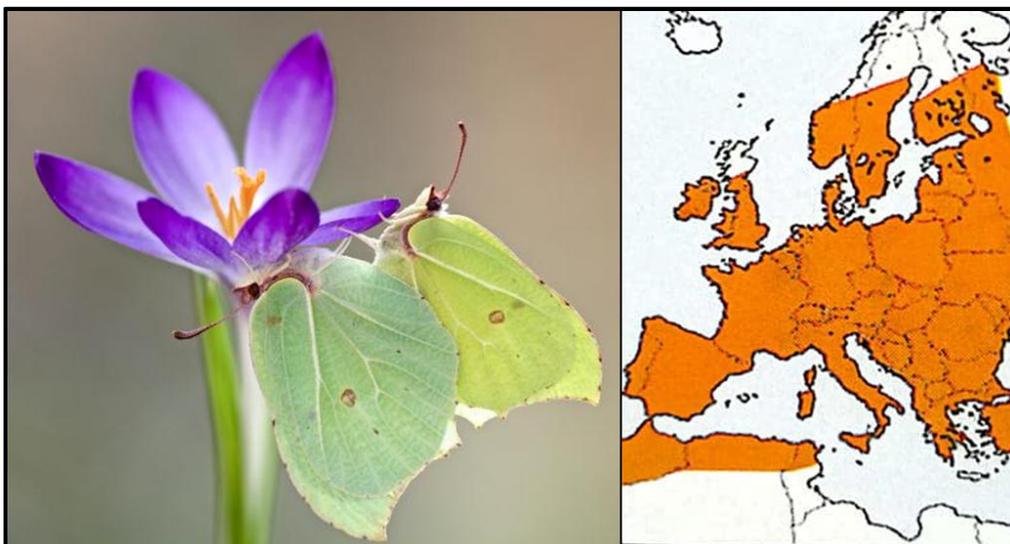
**Figure 64 : *Anthocharis belia* et son aire de répartition**  
(Cliché : HARZALLAH.M ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

**Le Citron de Provence *Gonepteryx cleopatra* (Linnaeus, 1767)** : est une espèce commune qui détient un record de longévité au stade adulte. Il peut en effet survivre jusqu'à 12 mois, avec une longue période d'hibernation. Sa période de vol est de mi-Mai jusqu' à Aout. Ses plantes hôtes appartiennent à plusieurs groupements taxonomiques dont le *Rhamnus catharticus*, *R. alaternus*, *R. myrtifolia*. Son habitat se situe dans les Haies, milieux humides, prairies, jardins, lieux broussailleux à côté des bois clairs. L'aire de distribution de l'espèce est le Nord d'Afrique, canaries, Madères de l'Europe, Turquie, proche orient, Maroc, Algérie, Tunisie.



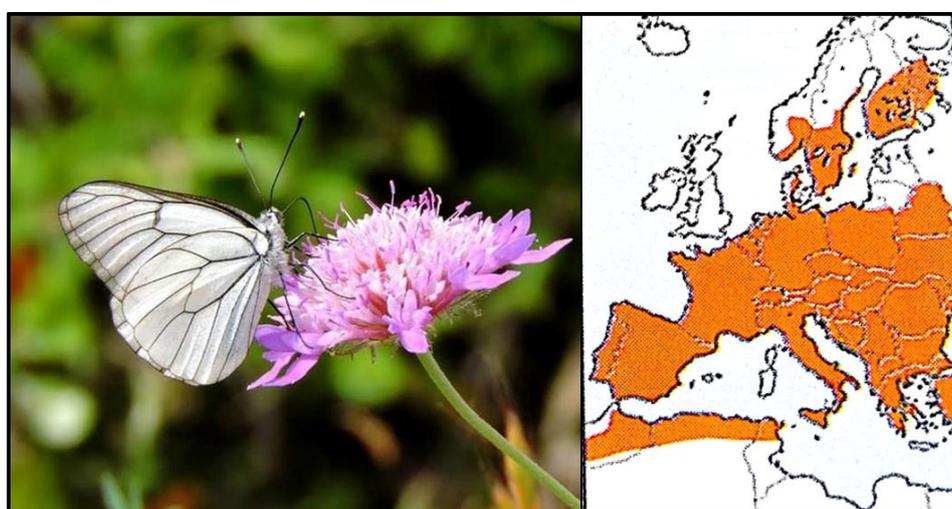
**Figure 65 : *Gonepteryx cleopatra* et son aire de répartition**  
 (Cliché : LAREF.N ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

**Le citron *Gonepteryx rhamni* (Linnaeus, 1758)** : de 50-60 mm d'envergure, le Citron est un papillon très commun et peut survivre près d'une année. Le Citron se camoufle aux premiers froids, le plus souvent dans les buissons de lierre car il n'apprécie guère les endroits fermés qui trouvent les faveurs des autres papillons hivernants. Son sommeil léger nous permet parfois de l'observer en plein hiver, lors des journées ensoleillées de janvier ou février. Son milieu de vie concerne les Haies, milieux humides broussailleux et liés aux forêts , lisières, clairières , prairies et jardins (Noé , 2012). Il est réparti et commun dans les régions montagneuses du Nord ouest de l'Afrique ( Tolman et Lewigton , 2015).



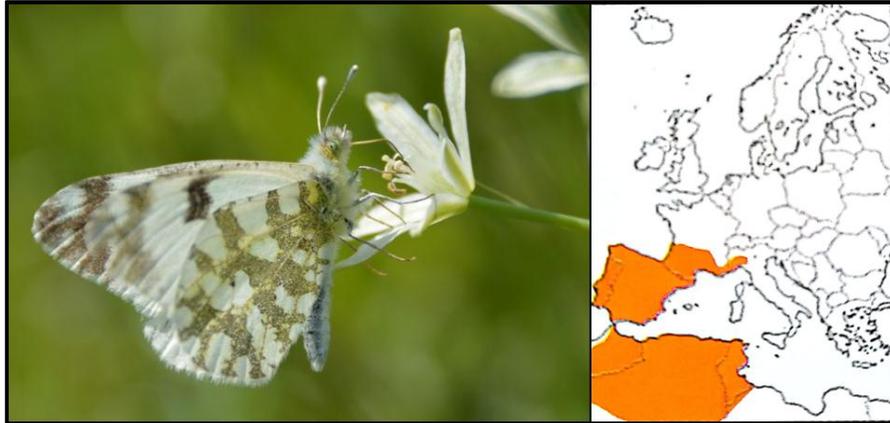
**Figure 66 : *Gonepteryx rhamni* et son aire de répartition**  
(Cliché : DURAND.G ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

**Le gazé *Aporia crataegi* (Linnaeus, 1758)** : présent en Afrique du Nord, Europe, Turquie et Asie, éteint en Grande Bretagne, répondu et commun au Maroc, Algérie et Tunisie (de 500-2000 m). Son habitat concerne divers milieux, comme les lieux ensoleillés avec arbustes, zones cultivées, notamment les vergers où poussent la plante hôte ; avec préférence marquée pour les terrains découverts à chardons, où les papillons se regroupent parfois à plusieurs par inflorescence. *Prunus spinosa* et la plupart des *Prunus* représentent sa plante hôte.



**Figure 67 : *Aporia crataegi* et son aire de répartition**  
(Cliché : MEHADJIA ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

**Le marbré de Cramer *Euchloe crameri* (Butler, 1869)** : présent en Afrique du Nord, péninsule Ibérique, Sud de la France, Nord-ouest de l'Italie, Est de la Libye, Egypte. Il est répondu et commun au Nord de l'Afrique (0-2700m), il vole de Mi-Mai au début Juin dans les endroits chauds , secs et fleuris. La plante hôte du marbré de Cramer est représentée par *Sinapis arvensis*, *Biscutella laevigata* , *Raphanus raphanistrum* , *Moricandia arvensis*, *Iberis sempervirens* , *Isatis tinctoria* .



**Figure 68 : *Euchloe crameri* et son aire de répartition**  
 (Cliché : HADOUN.A ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

**Le marbré de vert *Pontia daplidice* (Linnaeus, 1758)** : présent au Canaries, Afrique du nord, sud de l'Europe, sud de la Turquie, proche et moyen orient. Il vol de Mars à Octobre dans divers habitats largement lié à la présence de la plante hôte surtout les lieux découverts chauds et secs, assez plats, parfois dénudés. La plante hôte concerne *Reseda luteola*, *Reseda alba*, plusieurs genres de *Brassicaceae* ont été signalés, dont *Sisymbrium*, *Erysimum*, *Ptilotrichum*, *Arabis* et *Sinapis*.

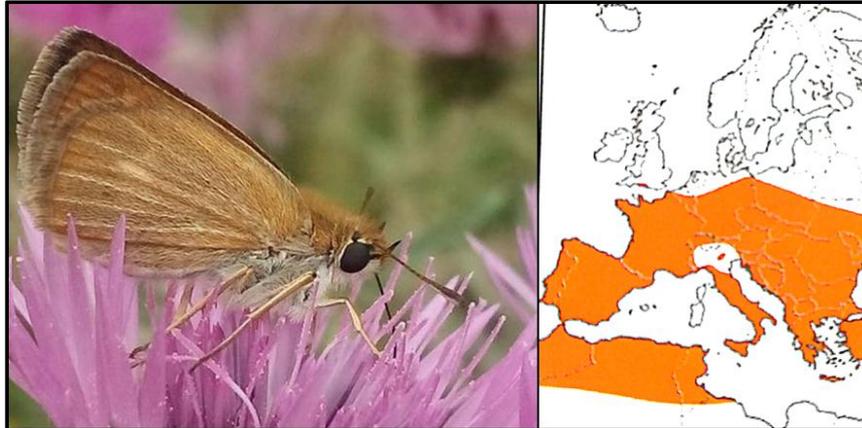


**Figure 69 : *Pontia daplidice* et son aire de répartition**  
 (Cliché : ELKASER.T ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

➤ **Famille des *Hesperidae*** : représentée par l'espèce :

**Le Hespérie du chiendent *Thymelicus acteon* (Rottemburg, 1775)** : vole au Canaris, Nord de l'Afrique, Europe, Turquie, Jordanie, Liban, Irak, Iran. Au Maroc, Algérie et Tunisie, il est présent dans les altitudes allant de 0 -1800 m d'altitude de Mi-Mai au début Aout en émergence

prolongée. Il fréquente les lieux herbus fleuris, tels que les talus des chemins, friches sèches. Les chenilles se nourrissent des *Brachypodium pinnatum*, *Brachypodium sylvaticum*, *Elymus repens* et *Calamagrostis epigejos* .



**Figure 70 : *Thymelicus acteon* et son aire de répartition**  
(Cliché : SACIA ; carte : TOLMAN ET LEWINGTON)

## **PARTIE 2 : inventaire des Rhopalocères et leurs dynamiques vis-à-vis des associations végétales du massif forestier de l'Edough**

### **III.2. Relation et fonctionnalité entre le papillon du jour et l'habitat naturel de Ain Bocal dans lequel il évolue**

Au terme de notre étude, nous avons comptabilisé un total de 1946 spécimens, répartie sur 31 espèces et 05 familles (Pieridae ; Lycaenidae et Nymphalidae ; papilionidae et Hesperidae ) .

A l'issue de nos campagnes d'échantillonnage pendant les années consécutives 2020,2021 et 2022, tout habitat confondu, nous avons obtenu les résultats consignés dans le tableau 03. La famille des Nymphalidae semble être la famille la plus représentée en terme d'espèces ; suivie par la famille des Lycaenidae et celle des Piéridae avec 09 espèces chacune, tandis que la famille des Papilionidea et des Hesperidae forment les familles les moins riches avec 02 et 01 espèces respectivement.

Nous avons pu observer 31 espèces au niveau de la Subéraie et la Zenaie mixte à savoir : *Celastrina argiolus* ; *Glaucopsyche melanops* ; *Glaucopsyche alexis* ; *Polyommatus icarus* ; *Lampides boeticus* ; *Tomares ballus* ; *Cigaritis siphax* ; *Aricia cramera* ; *Lycaena phlaeas* ; *Iphiclides feisthameli* ; *Zerynthia rumina* ; *Coenonympha arcaniodes* ; *Pararge aegeria* ; *Charaxes jasius* ; *Vanessa atalanta* ; *Lasiommata megera* ; *Vanessa cardui* ; *Danaus chrysippus* ; *Melanargia galathea* ; *Argynnis paphia* ; *Maniola jurtina* ; *Gonepteryx cleopatra* ; *Colias crocea* ; *Pieris brassicae* ; *Pieris rapae* ; *Anthocharis belia* ; *Gonepteryx rhamni* ; *Aporia crataegi* ; *Euchloe crameri* ; *Pontia daplidice* et *Thymelicus acteon*. 05 espèces parmi ce répertoire sont absentes au niveau de la Pinède et la Zenaie toute les deux, dont : *Glaucopsyche melanops* ; *Glaucopsyche alexis* ; *Aricia cramera* ; *Zerynthia rumina* et *Coenonympha arcaniodes* .

On remarque que *Danaus chrysippus* ; *Melanargia galathea* ; *Maniola jurtina* ; *Gonepteryx rhamni* ; *Aporia crataegi* et *Euchloe crameri* sont totalement absente au niveau de la Pinède.

Sur l'ensemble des espèces recensées, 16 d'entre elles ont été observées dans tous les habitats il s'agit de : *Celastrina argiolus* ; *Polyommatus icarus* ; *Tomares ballus* ; *Cigaritis siphax* ; *Iphiclides feisthameli* ; *Pararge aegeria* ; *Charaxes jasius* ; *Vanessa atalanta* ; *Lasiommata megera* ; *Vanessa cardui* ; *Argynnis paphia* ; *Gonepteryx cleopatra* ; *Colias crocea* ; *Pieris brassicae* ; *Pieris rapae* et *Anthocharis belia* (tableau 03).

Tableau 03. Effectifs des rhopalocères distribués sur les habitats forestiers.

Familles	Espèces recensées	Subéraie	Zenaie Mixte	Zenaie	Pinède
<i>Lycaenidae</i>	<i>Celastrina argiolus</i>	120	80	62	54
	<i>Glaucopsyche melanops</i>	18	15	-	-
	<i>Glaucopsyche alexis</i>	16	10	-	-
	<i>Polyommatus icarus</i>	14	12	10	4
	<i>Lampides boeticus</i>	6	10	4	-
	<i>Tomares ballus</i>	3	4	8	2
	<i>Cigaritis siphax</i>	12	10	5	-
	<i>Aricia cramera</i>	16	14	-	-
	<i>Lycaena phlaeas</i>	18	19	-	4
<i>Papilionidae</i>	<i>Iphiclides feisthameli</i>	10	16	6	4
	<i>Zerynthia rumina</i>	2	5	-	-
<i>Nymphalidae</i>	<i>Coenonympha arcaniodes</i>	16	18	-	-
	<i>Pararge aegeria</i>	56	60	15	24
	<i>Charaxes jasius</i>	16	18	4	14
	<i>Vanessa atalanta</i>	45	48	18	12
	<i>Lasiommata megera</i>	20	17	12	1
	<i>Vanessa cardui</i>	46	38	20	11
	<i>Danaus chrysippus</i>	6	8	2	-
	<i>Melanargia galathea</i>	12	14	8	-
	<i>Argynnis paphia</i>	12	8	7	2
	<i>Maniola jurtina</i>	14	12	6	-
<i>pieridae</i>	<i>Gonepteryx cleopatra</i>	71	66	15	16
	<i>Colias crocea</i>	53	55	32	8
	<i>Pieris brassicae</i>	39	33	27	21
	<i>Pieris rapae</i>	38	26	20	12
	<i>Anthocharis belia</i>	18	11	8	12
	<i>Gonepteryx rhamni</i>	2	8	1	-
	<i>Aporia crataegi</i>	12	10	4	-
	<i>Euchloe crameri</i>	26	15	7	-
	<i>Pontia daplidice</i>	14	12	-	-
<i>Thymelicus acteon</i>	8	9	-	4	

(-) : espèce absente

### III.2.1 Relation papillon/habitat exprimée à travers les indices écologiques

#### a. Abondances et richesses

Les résultats obtenus montrent que les abondances les plus importantes ont été enregistrées au niveau de la Subéraie et la Zenaie mixte avec 759 et 681 individus respectivement. La subéraie renferme 39% de l'ensemble des papillons du peuplement, et la Zenaie mixte quant à elle, accueille 35 %. En revanche, 301 individus sont dénombrés dans la Zenaie et 205 imagos dans la Pinède, représentant ainsi le milieu le moins peuplé (seulement 11 % de l'ensemble y existe) ; les 15 % d'individus restants se trouvent au niveau de la Zenaie.

La Subéraie et la Zenaie mixte représentent les deux habitats à contenir la totalité des espèces contactées le long de l'étude, soit 31 espèce chacune. On remarque globalement une répartition relativement équilibrée en termes de richesse spécifique entre ces deux habitats et la Zenaie qui renferme 23 espèces. Un minimum d'espèces a été noté au niveau de la Pinède soit une richesse spécifique de l'ordre de 17 (tab 04 et figure 71).

**Tableau 04. Les abondances et les richesses des rhopalocères dans chaque habitat.**

indices écologiques	Subéraie	Zenaie mixte	Zenaie	Pinède	Nombre total (N)
Abondances (ni)	759 ind	681 ind	301 ind	205 ind	1946 ind
Richesse (S)	31	31	23	17	



### b. Indice de Diversité spécifique de Shannon H' et Equitabilité de Blondel E

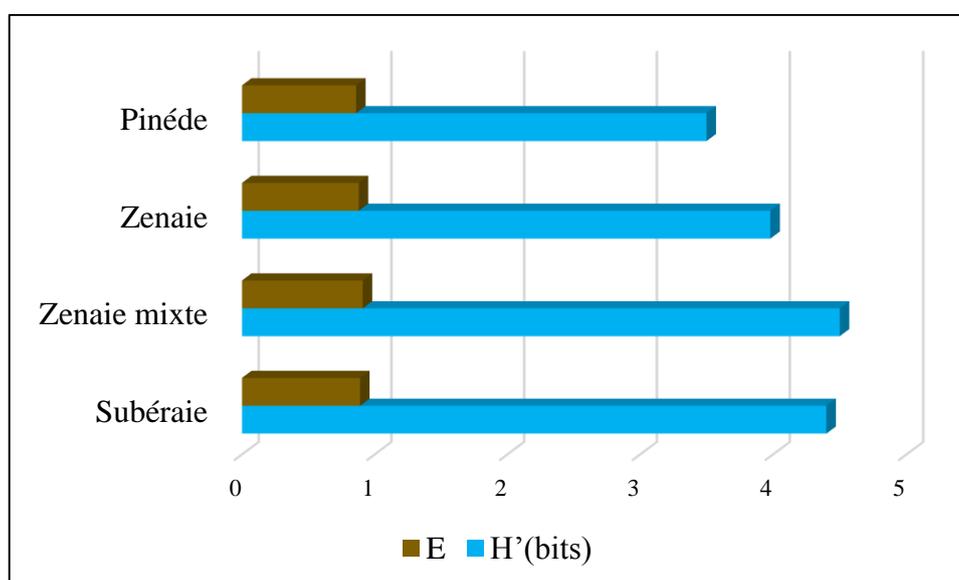
Le calcul des paramètres : Diversité spécifique (H') et Equitabilité (E) nous a permis de caractériser la Zenaie mixte en tant qu'habitat le plus diversifié en raison de son indice de Shannon le plus élevé par rapport aux autres habitats (H'=4,50 bits), et le plus équitable aussi (E=0,91) indiquant une assez bonne répartition des effectifs entre les espèces. Suivie par la Subéraie avec un H' égal à (4,40 bits). Cependant la Zenaie et la Pinède sont marquées par de faibles valeurs d'H' (3,98 ; 3,50 bits) idem pour l'équitabilité (0,88 et 0,86) respectivement (tab05 et fig 72).

**Tableau 05. L'indice de Diversité spécifique de Shannon H' et Equitabilité de Blondel E.**

Indices écologiques	Subéraie	Zenaie mixte	Zenaie	Pinède
H'(bits)	4,40	4,50	3,98	3,50
E	0,89	0,91	0,88	0,86

**H'** : Indice de diversité de Shannon exprimé en binary digit (bit).

**E** : Equirépartition pour chaque habitat.



**Figure 72 : l'indice de Shannon et l'équitabilité de chaque habitat.**

### III.2.2 Analyse de la composition du peuplement de rhopalocères

#### Les fréquences d'occurrence de chaque espèce recensée

(Dajoz, 2006) propose selon les valeurs des fréquences d'occurrence, les catégories suivantes :

Les espèces sont :

- Ubiquistes si  $F_o = 100 \%$ ,
- Constantes si  $75 \% \leq F_o < 100 \%$ ,
- Régulières si  $50 \% \leq F_o < 75 \%$ ,
- Incidentes si  $25 \% \leq F_o < 50 \%$ ,
- Accidentelle si  $5 \% \leq F_o < 25 \%$ ,
- Rares si  $F_o < 5 \%$ .

Les fréquences d'occurrence les plus élevées ont été enregistrées pour les espèces : *Celastrina argiolus* ; *Polyommatus icarus* ; *Tomares ballus* ; *Iphiclides feisthamelii* ; *Pararge aegeria* ; *Charaxes jasius* ; *Vanessa atalanta* ; *Vanessa cardui* ; *Argynnis paphia* ; *Gonepteryx cleopatra* ; *Colias crocea* ; *Pieris brassicae* ; *Pieris rapae* et *Anthocharis belia* Avec une valeur de ( $F=100\%$ ), qui selon la règle de Dajoz, 2006, appartiennent à la catégorie des espèces ubiquistes. Suivies par *Lampides boeticus* ; *Cigaritis siphax* ; *Lycaena phlaeas* ; *Lasiommata megera* ; *Danaus chrysippus* ; *Melanargia galathea* ; *Gonepteryx rhamni* ; *Aporia crataegi* ; *Euchloe crameri* et *Thymelicus acteon* qui se révèlent être des espèces constantes grâce à leur F égale à 75 %. En outre, *Glaucopsyche melanops* ; *Glaucopsyche alexis* ; *Aricia cramera* ; *Zerynthia rumina* ; *Coenonympha arcaniodes* ; *Maniola jurtina* et *Pontia daplidice* sont les espèces qui témoignent une fréquence de 50 % rappelant ainsi la classe des espèces régulières.

La classe des espèces ubiquistes est la plus représentée avec 14 espèces, suivie par la classe des espèces constantes qui regroupe 10 espèces. 07 espèces se manifestent en tant qu'espèces régulières.

La Zenaie mixte et la Subéraie renferment à elles seules chacune de toutes ces catégories : la Subéraie contient : 14 espèce de catégorie ubiquiste ; 10 espèces de catégorie constante et 07 espèces à catégorie régulière. Quant à la Zenaie mixte, elle regroupe : 14 espèce appartenant à la classe d'ubiquiste, 10 espèces appartenant à la classe des espèces constantes et *in fine* 07 espèces à catégorie régulière.

La Zenaie abrite 08 espèces appartenant à la classe des espèces constantes et 14 espèces appartenant à la catégorie des espèces ubiquistes. Cependant, elle renferme une seule espèce régulière.

14 espèce à catégorie ubiquiste rejoignent la Pinède, cette dernière est marquée par la présence de trois espèce ayant le statut d'espèce constante et ne renferme aucune espèce régulière.

L'espèce *Celastrina argiolus* se manifeste comme espèce dominante en effectif (316 individus) dans toute la période d'étude et dans l'ensemble des habitats.

**Tableau 06. Les fréquences d'occurrence de chaque espèce dans tous les habitats**

<b>Espèces recensées</b>	<b>Abondances (ni)</b>	<b>fréquences d'occurrence (F%)</b>
<i>Celastrina argiolus</i>	316 ind	100%
<i>Glaucopsyche melanops</i>	33 ind	50%
<i>Glaucopsyche alexis</i>	26 ind	50%
<i>Polyommatus icarus</i>	40 ind	100%
<i>Lampides boeticus</i>	20 ind	75%
<i>Tomares ballus</i>	17 ind	100%
<i>Cigaritis siphax</i>	27 ind	75%
<i>Aricia cramera</i>	30 ind	50%
<i>Lycaena phlaeas</i>	41 ind	75%
<i>Iphiclides feisthamelii</i>	36 ind	100%
<i>Zerynthia rumina</i>	07 ind	50%
<i>Coenonympha arcaniodes</i>	34 ind	50%
<i>Pararge aegeria</i>	155ind	100%
<i>Charaxes jasius</i>	52 ind	100%
<i>Vanessa atalanta</i>	123 ind	100%
<i>Lasiommata megera</i>	50 ind	75%
<i>Vanessa cardui</i>	115 ind	100%
<i>Danaus chrysippus</i>	16 ind	75%
<i>Melanargia galathea</i>	34 ind	75%
<i>Argynnis paphia</i>	29ind	100%
<i>Maniola jurtina</i>	32 ind	50%
<i>Gonepteryx cleopatra</i>	168 ind	100%
<i>Colias crocea</i>	148 ind	100%
<i>Pieris brassicae</i>	120 ind	100%
<i>Pieris rapae</i>	96 ind	100%
<i>Anthocharis belia</i>	49 ind	100%
<i>Gonepteryx rhamni</i>	11 ind	75%
<i>Aporia crataegi</i>	26 ind	75%
<i>Euchloe crameri</i>	48 ind	75%
<i>Pontia daplidice</i>	26 ind	50%
<i>Thymelicus acteon</i>	21 ind	75%

(\*ind : individus, imagos)

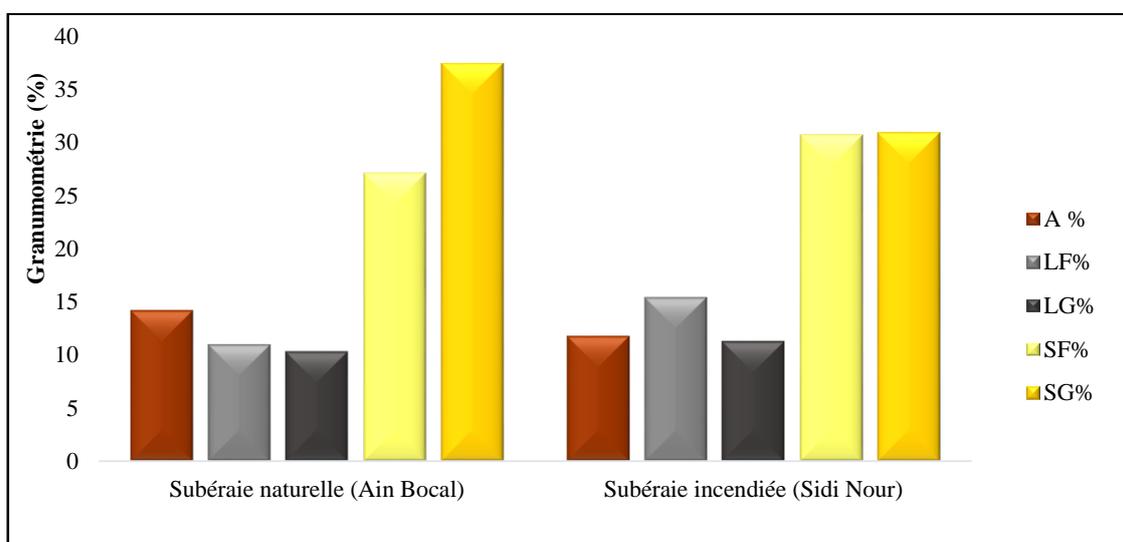
### **PARTIE 03 : Dynamique des Rhopalocères en fonction des propriétés physico – chimiques des habitats naturels et post incendiés**

Une analyse comparée des dynamiques rhopalostiques, et des propriétés physico chimiques des sols a été menée dans le milieu naturel et dans le milieu post incendié. Nous sommes partis de l'hypothèse que les rhopalocères interagissent avec le sol, en réagissant rapidement aux changements d'exploitation des sols et aux modifications de leurs milieux (van Dyck et al. 2009), et qu'ils participent à son enrichissement en matière organique par le biais de la pollinisation.

#### **III.3.1 Caractérisation des sols**

##### **A. Granulométrie**

Les sols de la subéraie naturelle de Ain Bocal, et la subéraie incendiée de Sidi Nour sont marquées par des taux de sable importants (37,43 % et 27,13% ; 30,9% et 30,7% respectivement), contre des taux faibles de limon et d'argile. La première conséquence visible du feu est la modification de la couleur des sols qui apparait en couleur foncée noirâtre.



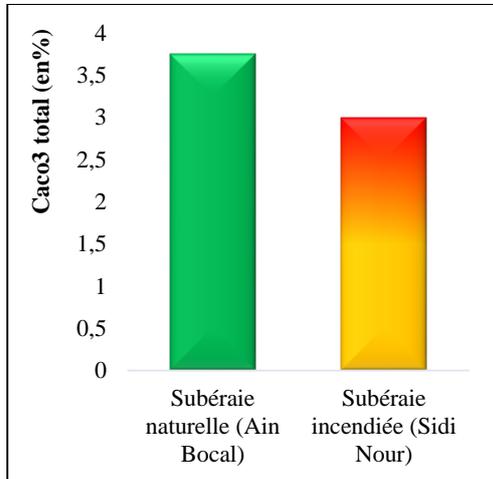
**Figure 73 : Granulométrie des deux subéraies**

##### **B. Calcaire total**

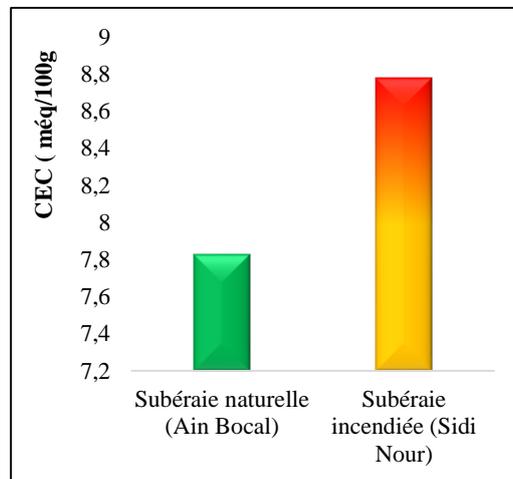
Les taux de calcaire représentent des valeurs rapprochées au niveau des sols des deux sites. Fig 74.

##### **C. Capacité d'échange cationique (C.E.C)**

La CEC des sols de notre étude est importante au niveau du sol de la subéraie incendiée de Sidi Nour et un peu faible au niveau de la subéraie de Ain Bocal. Le feu affecte les cycles des éléments nutritifs qui participe à réintégrer l'écosystème



**Figure 74 : Taux du calcaire total des sols des deux subéraies**



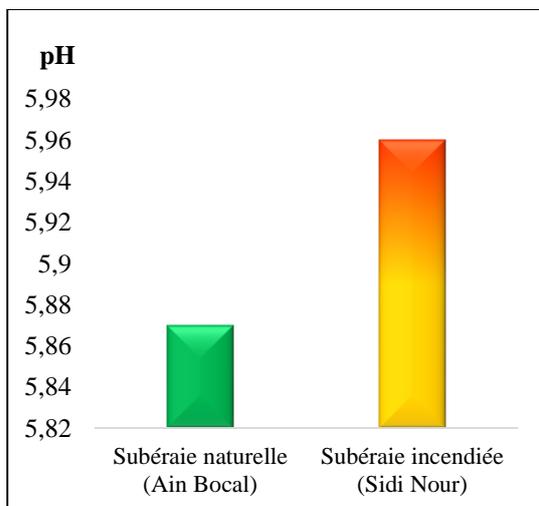
**Figure 75 : Valeurs du CEC des sols des deux subéraies**

#### D. pH

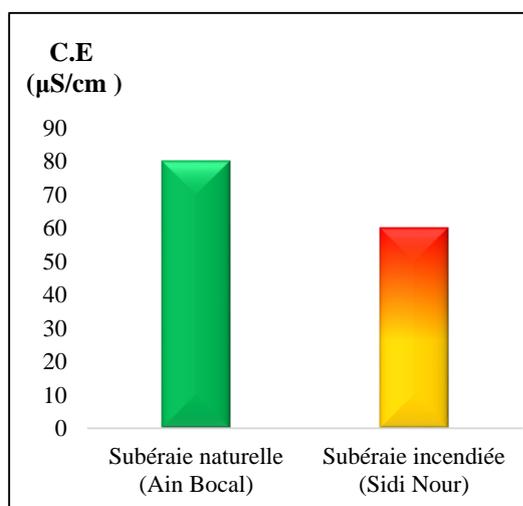
Les valeurs de Ph sont rapprochées dans les deux sols des deux subéraies (5,87 pour la subéraie naturelle et 5,96 pour la subéraie incendiée) appartenant alors à la même classe d'acidité.

#### E. Conductivité électrique (CE)

Dans le cadre de notre étude, nous avons trouvé des valeurs faibles de la CE pour les sols des deux sites partageant la classe 01 de salinité qui dépend directement de la teneur et de la nature des sels solubles présents dans ces sols.



**Figure 76 : Valeurs du pH des sols des deux subéraies**



**Figure 77 : Valeurs du CE des sols des deux subéraies**

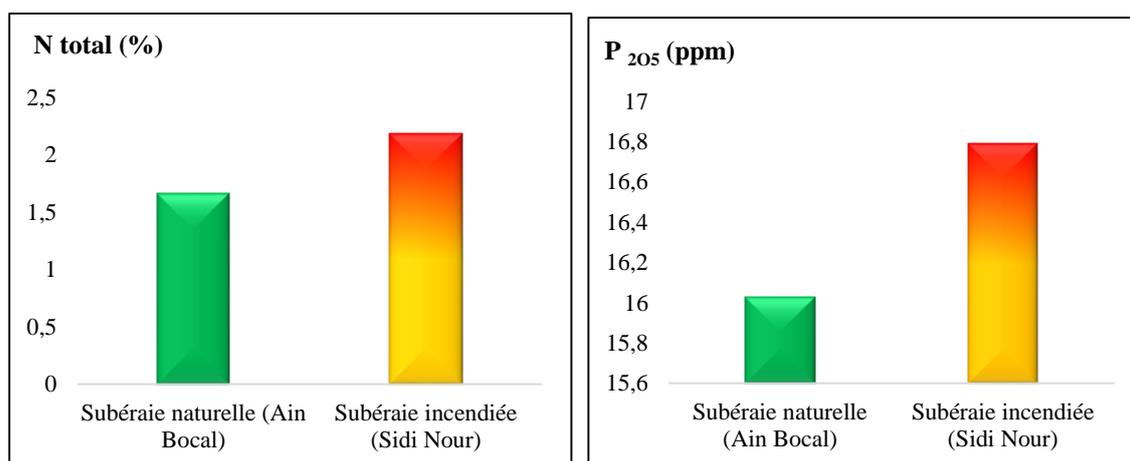
## F. Azote total

La mesure de l'azote total montre que la valeur la plus importante a été enregistrée au niveau des sols de la subéraie incendiée de Sidi Nour par rapport à la subéraie naturelle qui détient un taux de 1,66.

D'autres études montrent que l'azote qui était contenu dans la végétation et l'humus serait presque entièrement volatilisé pendant la combustion.

## G. Phosphore assimilable

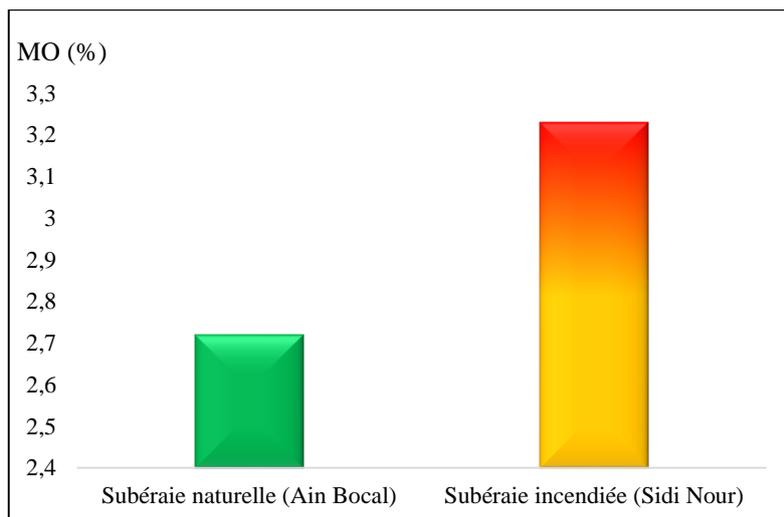
Le phosphore assimilable est marqué par de faibles teneurs pour les sols des deux sites avec une petite augmentation au niveau de la subéraie incendiée de Sidi Nour. Le brûlage de la végétation et des litières modifie fortement sa disponibilité notamment en minéralisant le phosphore organique en orthophosphate  $PO_4^{3-}$ .



**Figure 78 : Taux d'Azote total des sols des deux subéraies**

**Figure 79 : Taux du Phosphore assimilable des sols des deux subéraies**

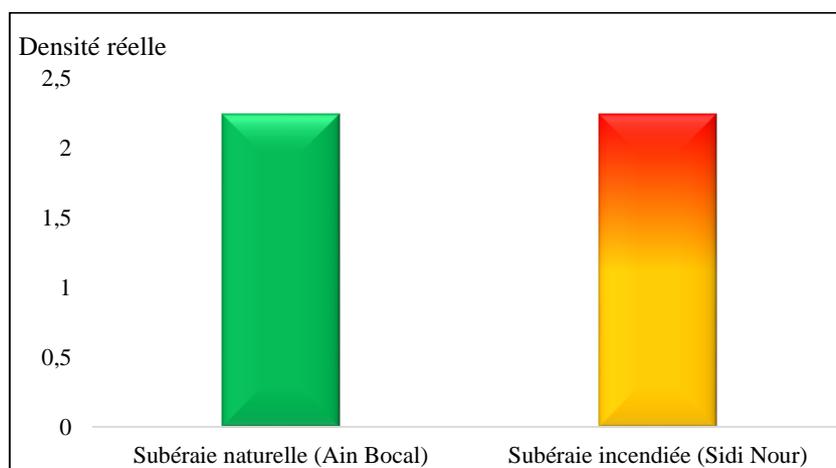
La subéraie incendiée de Sidi Nour détient des sols ayant des teneurs importantes en matière organique qui se mettent en disposition grâce aux cendres issus de la végétation brûlée, à l'opposé de la subéraie naturelle de Ain Bocal qui présente des teneurs moins importantes (fig 81).



**Figure 80 : Représentation graphique du taux de matière organique des sols des deux subéraies**

### I. Densité réelle

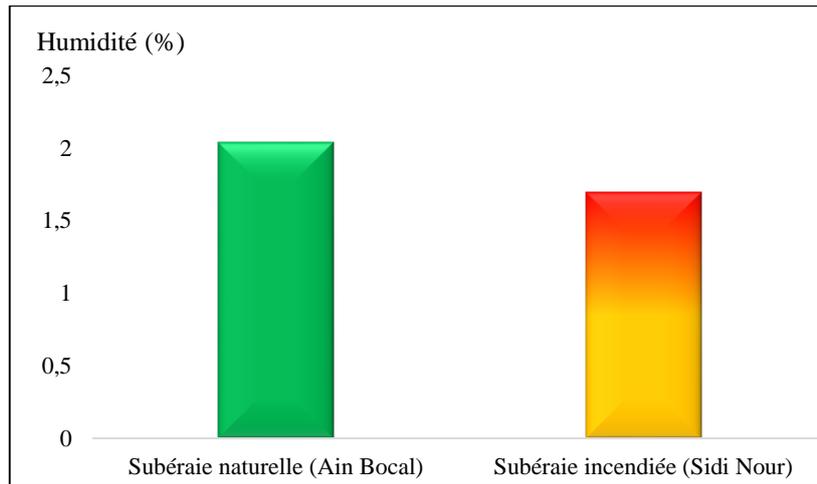
La mesure de la densité réelle révèle des valeurs égales pour les sols des deux sites, (2,24 pour chacun).



**Figure 81 : Valeurs de la densité réelle des sols des deux stations**

### J. Humidité

Le taux d'humidité est faible dans les sols des deux sites, mais plus important au niveau de la subéraie naturelle de Ain Bocal, à court terme les incendies font dénuder le sol en lui provoquant la dessiccation et l'assèchement.

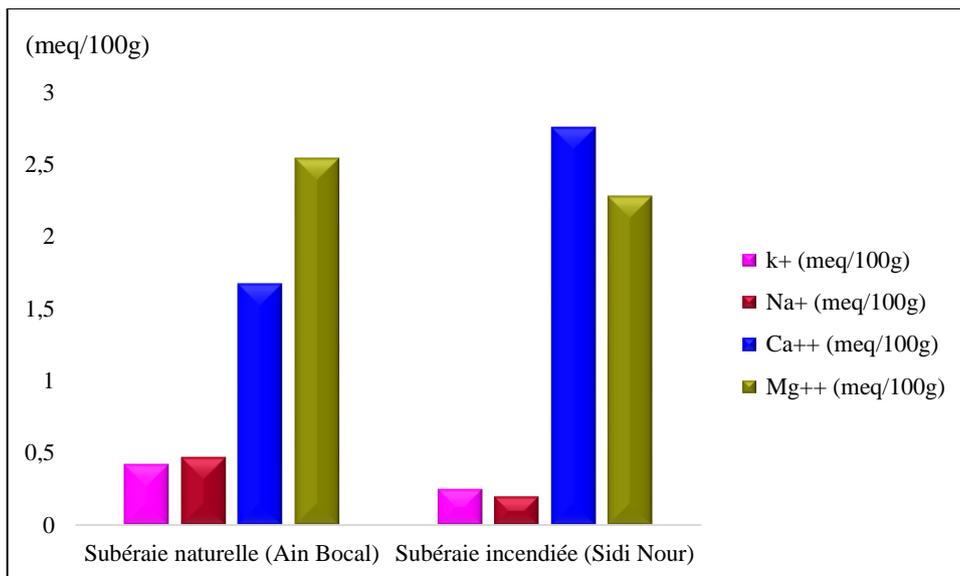


**Figure 82 : Taux d'humidité des sols des deux subéraies**

### K. Bases échangeables

Les résultats montrent des teneurs variables pour les bases échangeables, le calcium semble être l'élément le plus abondant dans le sol de la subéraie incendiée, suivi par le magnésium, toutefois les teneurs en sodium et potassium sont plus au moins faibles. Ces éléments minéraux de base qui définissent la "fertilité" du sol au paravent stockés dans la végétation et le sol sont mobilisés sous l'effet du feu par la combustion de la matière organique.

Le sol de la subéraie naturelle de Ain Bocal quant à lui, est marqué par des teneurs importante en Magnésium et Calcium, le Sodium et Potassium restent toujours les éléments les moins abondants.



**Figure 83 : Teneurs en bases échangeables des sols des deux subéraies.**

**Tableau 07. Analyses physico-chimiques des sols des deux subéraies naturelles de Ain Bocal et incendiée de Sidi Nour (Séraïdi) (A : argile ; LF : limon fin ; LG : limon grossier ; SF : sable fin ; SG : sable grossier)**

Paramètre		Subéraie naturelle (Ain Bocal)	Subéraie incendiée (Sidi Nour)
Granulométrie	A	14,15	11,75
	LF	10,98	15,40
	LG	10,30	11,25
	SF	27,13	30,70
	SG	37,43	30,90
Caco <sub>3</sub> total (en%)		3,75	3,00
CEC (en méq/100g)		7,83	8,78
Ph (au 1/5)		5,87	5,96
C.E (µS/cm (1/5))		80	60
N total (%)		1,66	2,18
P 205 (ppm)		16,03	16,79
C (%)		1,58	1,88
MO (%)		2,72	3,23
Densité réelle		2,24	2,24
Humidité (%)		2,04	1,70
Potassium échangeable k <sup>+</sup> (meq/100g)		0,42	0,25
Sodium échangeable Na <sup>+</sup> (meq/100g)		0,47	0,20
Calcium échangeable Ca <sup>++</sup> (meq/100g)		1,68	2,76
Magnésium échangeable Mg <sup>++</sup> (meq/100g)		2,54	2,28

### **III.3.2 Inventaire comparatif des rhopalocères des deux subéraies : naturelle et incendiée**

A l'issue de nos campagnes d'échantillonnages nous avons comptabilisé 480 individus formant 31 espèces au niveau de la subéraie naturelle de Ain Bocal contre un peuplement de 446 imagos appartenant à 13 espèces au niveau de la subéraie incendiée de Sidi Nour. Les papillons semblent être attirés par la nouvelles mosaïque provoquée par les incendies, l'ouverture de la subéraie leur est favorable, cependant les spécialistes semblent être plus négativement touchées que les espèces généralistes. On note l'absence des espèces : *Glaucopsyche melanops*, *Lampides boeticus*, *Tomares ballus*, *Cigaritis siphax*, *Aricia cramera*, *Lycaena phlaeas*,

*Zerynthia rumina*, *Coenonympha arcaniodes*, *Charaxes jasius*, *Lasiommata megera*, *Danaus chrysippus*, *Melanargia galathea*, *Argynnis paphia*, *Gonepteryx rhamni*, *Aporia crataegi*, *Euchloe crameri*, *Pontia daplidice*, *Thymelicus acteon* chez le peuplement de la subéraie incendiée.

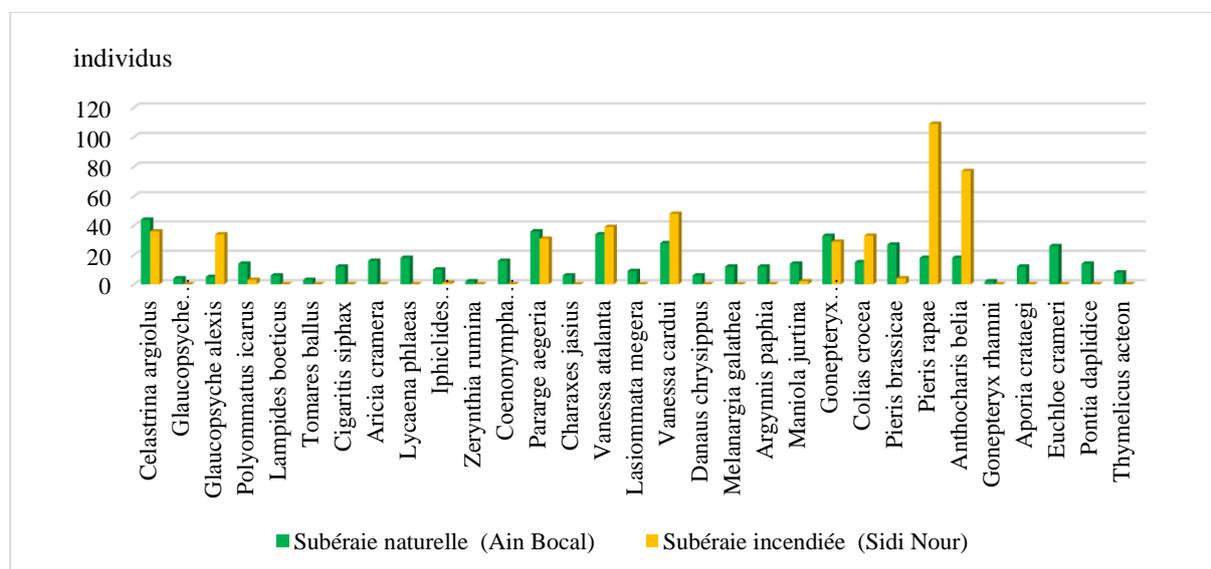


Figure 84 : Inventaire des rhopalocères dans les deux subéraies (naturelle et incendiée).

Tableau 8. Liste des espèces de rhopalocères recensées dans deux subéraies (naturelle et incendiée) année 2022

Espèces recensées	Subéraie naturelle (Ain Bocal)	Subéraie incendiée (Sidi Nour)
<i>Celastrina argiolus</i>	44	36
<i>Glaucopsyche melanops</i>	4	-
<i>Glaucopsyche alexis</i>	5	3
<i>Polyommatus icarus</i>	14	34
<i>Lampides boeticus</i>	6	-
<i>Tomares ballus</i>	3	-
<i>Cigaritis siphax</i>	12	-
<i>Aricia cramera</i>	16	-
<i>Lycaena phlaeas</i>	18	-
<i>Iphiclides feisthamelii</i>	10	01
<i>Zerynthia rumina</i>	2	-
<i>Coenonympha arcaniodes</i>	16	-

<i>Pararge aegeria</i>	36	31
<i>Charaxes jasius</i>	6	-
<i>Vanessa atalanta</i>	34	39
<i>Lasiommata megera</i>	9	-
<i>Vanessa cardui</i>	28	48
<i>Danaus chrysippus</i>	6	-
<i>Melanargia galathea</i>	12	-
<i>Argynnis paphia</i>	12	-
<i>Maniola jurtina</i>	14	02
<i>Gonepteryx cleopatra</i>	33	29
<i>Colias crocea</i>	15	33
<i>Pieris brassicae</i>	27	4
<i>Pieris rapae</i>	18	109
<i>Anthocharis belia</i>	18	77
<i>Gonepteryx rhamni</i>	2	-
<i>Aporia crataegi</i>	12	-
<i>Euchloe crameri</i>	26	-
<i>Pontia daplidice</i>	14	-
<i>Thymelicus acteon</i>	8	-
Nombre total	480	446

▪ **Richesse spécifique et diversité de Shannon des deux subéraies**

Le calcul des indices de Shannon nous révèle une valeur plus au moins élevée pour la subéraie naturelle de Ain Bocal ( $H=4,62$ ) par rapport à celle incendiée ( $H=3,02$ ), les abondances sont rapprochées et bien réparties entre elles dans les deux sites. La comparaison des indices de Shannon entre la Subéraie naturelle et la Subéraie incendiée par l'utilisation du test de Permutation a montré une différence très hautement significative  **$P=0,0001***$** .

**Tableau 9. Indices écologiques des deux subéraies**

	Richesse (S)	H'	E	Abondance
Subéraie naturelle	31	4,62	0,93	480

Subéraie incendiée	13	3,13	0,85	446
-----------------------	----	------	------	-----

## **DISCUSSION GENERALE**

### **Les Rhopalocères : excellents bio indicateurs de la qualité des écosystèmes forestiers**

Par leur grande diversité, leur rôle écologique majeur et le caractère bio-indicateur, les papillons diurnes sont intégrés dans les schémas de gestion et de conservation des espaces naturels, et ce depuis plus d'une dizaine d'années. Si la plupart des recherches se concentrent sur l'étude des rhopalocères dans les milieux ouverts, l'écosystème forestier fournit à son tour un gîte préservé pour la faune lépidoptérologique, offrant ainsi un large calendrier de floraison, vital pour les insectes quand les cultures sont hors fleurs (**Staab et al,2023**). Ces services écologiques rendus par les écosystèmes forestiers sont possibles grâce à la variété d'arbres, d'arbustes et de plantes herbacées, particulièrement autour du bassin méditerranéen (**Marty,2019**). D'ailleurs, les gestionnaires d'espaces forestiers ont depuis longtemps mené des études entomologiques suivies d'une phase décisionnelle (**Nageleisen,2009**). Contrairement aux perceptions communes, les lépidoptères représentent une part prépondérante (plus de 80%) de la biodiversité animale forestière. Ce sont des acteurs du fonctionnement de ces écosystèmes qui interviennent à tous les niveaux des réseaux trophiques (**Nageleisen,2009**). La présence ou l'absence de certaines espèces, ou plutôt de cortèges d'espèces, permet de vérifier plus ou moins le bon fonctionnement de l'écosystème (**Van Swaay,2020**). En tant que phytophages, ces insectes jouent un rôle important dans la dynamique des populations des plantes, l'organisation des communautés végétales, les cycles biogéochimiques et les interactions canopée-atmosphère-sol (**Schwalter et Lowman, 1999**). Ils interviennent dans la pollinisation, et sont une ressource importante pour de nombreux prédateurs (insectes, oiseaux, chiroptères, autres petits mammifères) et d'insectes parasitoïdes (**Miyashita et al.,2023**). **Belbel et al, (2023)**, ont examiné le régime alimentaire d'un mammifère méso prédateur, en l'occurrence la genette commune (*Genetta genetta*) dans le massif forestier de l'Edough, et les résultats d'analyse des crottes ont révélé la présence des rhopalocères parmi les items - proies. De surcroit, Les caractéristiques éco physiologiques de ces espèces ont été exploitées pour analyser les réponses à court et à long terme aux changements climatiques (**Middleton-Welling et al.,2020**).

## Que nous renseigne une grande diversité rhopalostique ?

La disponibilité d'abris et de ressources alimentaires est considérée comme l'un des principaux facteurs qui déterminent la diversité des rhopalocères (**Schlegel et Hofstetter, 2021**). La complexité de l'écosystème forestier de l'Edough a permis l'installation des communautés lépidoptérologiques, avec 31 espèces de papillons diurnes, soit presque le quart (25,83%) des 120 espèces décrites en Algérie. Nous avons pu comptabiliser au moins 2392 individus, répartie sur 31 espèces et 05 familles en l'occurrence : Pieridae ; Lycaenidae Nymphalidae ; papilionidae et Hesperidae . La famille des Nymphalidae semble être la famille la plus marquée en terme d'espèces. **Tudor et al., 2004** et **Rija, 2022** suggèrent que les espèces les plus représentées sont les polyphages, les multivoltines et les bivoltines, à savoir : *Pararge aegeria* , *Vanessa atalanta* , *Vanessa cardui* , *Lasiommata megera* , *Charaxes jasius* , *Danaus chrysippus* , *Melanargia galathea* et *Maniola jurtina* dont leur nutrition repose sur de nombreux groupes végétaux et volent en deux à plusieurs générations . Cette famille peut être utilisée comme substitut de la diversité des espèces (**Deacon,2023**). Ces dernières espèces hivernent au stade adulte ou nymphal ce qui les rend capables de se déplacer pour trouver des ressources dans différents habitats forestiers (**Thompson et al.,2003**) (**Tudor et al.,2004**).

La famille des Lycaenidae et celle des Piéridae comportent 09 espèces chacune. *Celastrinia argiolus* , *Tomares ballus* , *Lycaena phlaeas*, *Iphiclides feishthamelii* , *Pieris brassicae* , *Pieris rapae* , *Colias crocea* , *Anthocharis belia* et *Gonepteryx cleopatra* représentent les principales espèces affiliées à ces deux familles et qui utilisent une plus large gamme de plantes hôtes et vivent dans des habitats plus eutrophes , la raison pour laquelle ces espèces détiennent une grande abondance individuelle (**Kuussaari,2007**). En revanche, la famille des Papilionidea et des Hesperidae forment les familles les moins riches avec 02 et 01 espèces respectivement. Ces dernières correspondent à des espèces ayant une niche alimentaire étroite et des besoins particuliers en matière d'habitat, elles sont univoltines et oligotrophes hivernant sous forme d'œufs ou de larves qui dépendent de la présence de leurs plantes-hôtes où elles hivernent (**Thompson et al.,2003**) (**Tudor et al.,2004**).

En définitive, la diversité des Lépidoptères renseigne sur la qualité des habitats et des ressources qui y sont inféodés (**Rija,2022**). Nos travaux concordent avec ceux relatés dans la bibliographie, dans la mesure où la qualité des habitats naturels de l'Edough ont positivement influencé la diversité rhopalostique, sa dynamique et les interactions associées.

## Diversité rhopalostique VS associations végétales : Quelles compositions floristiques sont les plus favorables ?

Nos résultats ont mis en évidence la préférence des rhopalocères aux compositions floristiques les plus hétérogènes et les plus complexes. La Zenaie mixte et la Subéraie sont élues comme des formations préférentielles aux rhopalocères, étant donné que l'ensemble du peuplement, toute espèces confondue, rejoins continuellement ces deux habitats forestiers. La Subéraie reçoit une abondance de 759 individus soit 39% de l'ensemble des papillons du peuplement. La Zenaie mixte renferme à son tour 681 individus formant 35% du peuplement. **Perovi et al.,2015** ont affirmé que la richesse en espèces de papillons des forêts augmentait avec l'hétérogénéité compositionnelle du paysage, avec même des espèces plus vulnérables dans les paysages à forte hétérogénéité. Une plus grande hétérogénéité de la composition du paysage peut également augmenter la stabilité de la richesse. La subéraie tient sa complexité du cortège floristique propre à l'essence principale de cette formation, le chêne liège, *Quercus suber* (**Bouchibane et al.,2021**), où chaque espèce végétale correspond à un élément trophique et substrat pour une espèce de papillon ou un groupe d'espèces. Il s'agit généralement de : *Cistus salviifolius* et *Cytisus triflorus* pour le papillon *Cigaritis siphax* ; *Rubus ulmifolius* pour *Celastrinia argiolus* ; *Lavandula stoechas* , *Calicotome villosa*, *Medicago sp*, *cytisis sp.* pour *Glaucopsyche alexis* ; *Erica arborea* pour *Glaucopsyche melanops* ; *Genista sp* pour *Tomares ballus* et *Polyommatus icarus* ; *Helianthemum* pour *Aricia cramera* ; *Rumex sp* pour *Lycaena phlaeas* ; *Brachypodium* pour *Pararge aegeria* ; *Urtica* et *Rubus fruticosus* pour *Vanessa atalanta* ; *Arbutus unedo* pour *Charaxes jasius* ; *Prunus avium* et *Crataegus monogyna* pour *Iphiclides feisthamelii* ... Les papillons dépendent directement de la composition de la végétation pour l'alimentation des chenilles et des adultes et leur richesse peut être positivement corrélée à la richesse des espèces végétales (**Grill et al., 2005** ; **Steffan-Dewenter et Tschardtke, 2000** ; **Su et al., 2004**). **Palash et al 2022** déclarent que l'alimentation en nectar des papillons adultes joue un rôle crucial dans le maintien somatique et la reproduction, ainsi que dans la persistance de la population, la raison pour laquelle, la Subéraie est susceptible d'abriter une variété d'espèces appartenant à des statuts différents : 14 espèce de catégorie ubiquiste (dont *Celastrina argiolus* ; *Polyommatus icarus* ; *Tomares ballus* ; *Iphiclides feisthamelii* ; *Pararge aegeria* ; *Charaxes jasius* ; *Vanessa atalanta* ; *Vanessa cardui* ; *Argynnis paphia* ; *Gonepteryx cleopatra* ; *Colias crocea* ; *Pieris brassicae* ; *Pieris rapae* et *Anthocharis belia*) qui décrivent les espèces communes, généralistes et cosmopolites. 10 espèces de catégorie constante (dont : *Lampides boeticus* ; *Cigaritis siphax* ; *Lycaena phlaeas* ; *Lasiommata megera* ; *Danaus*

*chrysippus* ; *Melanargia galathea* ; *Gonepteryx rhamni* ; *Aporia crataegi* ; *Euchloe crameri* et *Thymelicus acteon* ) qui sont des espèces forestières et peu exigeantes en terme d'alimentation. et 07 espèces à catégorie régulière (dont : *Glaucopsyche melanops* ; *Glaucopsyche alexis* ; *Aricia cramera* ; *Zerynthia rumina* ; *Coenonympha arcanioides* ; *Maniola jurtina* et *Pontia daplidice* ) se manifestent comme espèces peu fréquentes et exigeante en terme de type d'habitat (**Palash et al 2022**).

Quant à la Zenaie mixte , elle est perçue comme mosaïque paysagère qui définit l'habitat hétérogène (**Marco et al.,2008**) . Cette composition floristique tient son importance de la mixité de la strate arborée qui comporte du Chêne Zéen (*Quercus canariensis*) , du Chêne liège (*Quercus suber*) et du Pin mésogéen (*Pinus pinaster*) avec le sous-bois dense composé de : *Calycotome vilosa*, *Calycotome spinosa*, *Erica arborea*, *Cistus monspelliensis*, *Cistus salviifolius*, *Arbutus unedo*, *Viburnum tinus*, *Cytisus triflorus*, *Phillyrea angustifolia*, *Myrtus communis*, *Smilax aspera*, *Lavandula stoechas*, *Laurus nobilis*, *Rubus ulmifolius*, *pistacia lentiscus*, *Hedera helix*, plus des plants de cerisiers sauvage *Prunus avium* , qui attirent toutes la biodiversité des rhopalocères. **López-Marcos et al., 2021** confirment que de la biodiversité forestière est influencée par la richesse en espèces d'arbres et la composition en espèces du sous-étage. Cette mosaïque paysagère offre un une multitude de niches écologiques qui d'après **Stein et al., 2014** l'augmentation de l'espace de niche disponible, la fourniture des refuges et des opportunités d'isolement et d'adaptation divergente sont essentielles pour améliorer la coexistence, la persistance et la diversification des espèces de papillons. Les paysages avec plus de niches écologiques contiendront plus d'espèces car ils abriteront les espèces de chaque niche et les espèces multi-habitats qui ont besoin de plusieurs types de composition floristique (**Rija,2022 ; Fahrig et al., 2011**). La Zenaie mixte regroupe 31 espèces répartit entre : espèces ubiquistes (14 espèces), espèces constantes (10 espèces) et 07 espèces à catégorie régulière. C'est la composition floristique la plus riche en espèces avec une distribution d'abondance bien équilibrée ( $E=0,91$ ) ayant un indice de Diversité spécifique de Shannon le plus élevé ( $H'=4,50$ ), cette valeur traduit selon **Ramade, 1984** un degré élevé de complexité et de maturité du peuplement et par la même la complexité des facteurs mis en jeu dans l'environnement, cet habitat présente une certaine stabilité par rapport à d'autres. Étant donné que les paysages structurellement complexes abritent plus d'espèces que les paysages simples, les parcelles d'habitat dans un paysage complexe recevront plus de colons, ce qui conduit à une plus grande richesse en espèces (**Tscharntke et al., 2012**). **Sttab ,2023** trouve que les corrélations de la richesse spécifique de tous les insectes étaient positivement liées à l'augmentation de l'hétérogénéité des forêts et la grande diversité d'arbres.

Cependant, la Zenaie pure et la Pinède apparaissent comme les compositions floristiques les moins accueillantes aux rhopalocères qui détiennent 11 % et 15 % d'individus respectivement. La Zenaie semble ne pas attirer une grande richesse de rhopalocères à cause de la hauteur des *Quercus canariensis* qui créent un milieu ombragé n'est pas préférable par la plupart des papillons qui affectionnent les zones de repos ensoleillés (Sushko, 2022). De plus, Ebert et Rennwald, 1991 ont indiqué dans leurs ouvrages que les forêts de *Pinus* ne représentent pas un type d'habitat convenable pour la plupart des papillons forestiers. Les Pins peuvent modifier les facteurs édaphiques du sol en raison de nouvelles interactions au-dessus du sol et de l'effet allélopathique potentiel des aiguilles de pin (Ferraro et al., 2020). Ces aiguilles ont des composés chimiques qui peuvent inhiber la croissance de plusieurs plantes indigènes, donnant une composition floristique nouvelle et distincte (Kanowski et al., 2005, Kimura et al., 2015) et affectent les caractéristiques du sol, la disponibilité de la lumière, l'humidité et la température et éventuellement la composition de la végétation du sous-bois (Casas-Pinilla et al., 2022). Les plantations de pins ne sont pas un habitat favorable pour les papillons forestiers. (Van Halder, 2017).

Il parvient de conclure que les forêts de feuillus (chênaies), fournissent des plantes hôtes pour les espèces de papillons se nourrissant de feuillus, ont une végétation herbacée plus diversifiée, offrant une structure plus variée pour le comportement de recherche de partenaires et fournissent probablement plus de variation spatiale du microclimat que les plantations de pins. Ces différences entre forêts feuillues et peuplements de pins sont dues à leur composition arborescente différente mais aussi à leur gestion différente. Les peuplements de pin sont typiquement caractérisés par une gestion uniforme et intensive, alors que la gestion des forêts feuillues est plus variable dans le temps et dans l'espace permettant une plus grande diversité structurelle (Van Halder, 2017).

### **Rhopalocères vs sol : spécialisation ou compensation ?**

À l'échelle de l'habitat, la richesse spécifique et la composition des assemblages de papillons est étroitement corrélée aux paramètres du sol, car les conditions du sol déterminent en grande partie les communautés végétales forestières, et donc des plantes hôtes disponibles pour les chenilles de papillons (Viljur et al., 2020). L'analyse des paramètres physico-chimiques dans le milieu naturel a révélé une propriété physique déterminée par la texture légèrement grossière limono sableuse, ceci indique que les sols sont légers, instables, perméables (faible capacité de rétention en eau et en éléments nutritifs), qui s'échauffent et se refroidissent facilement, aérés

et sensibles à l'érosion. Dans nos résultats, tous types de milieux confondus, les teneurs en calcaire total et actif indiquant que les sols sont non calcaires, les valeurs de PH indiquent que le sol est faiblement acide et les valeurs de CE indiquent qu'il s'agit des sols non salés. Sur le plan chimique, on note des taux en matière organique satisfaisants, les teneurs en phosphore assimilable sont très faibles, les teneurs en azote total indiquent que les sols sont riches. L'équilibre entre les éléments calcium et magnésium est insuffisant pour le sol de Ain Bocal et acceptable pour sol de Sidi Nour. L'équilibre entre les éléments potassium et magnésium est acceptable pour sol de Ain Bocal et optimal pour sol de Sidi Nour, l'équilibre entre les éléments potassium, magnésium et calcium est insuffisant pour le sol de Ain Bocal et optimal pour le sol de Sidi Nour. Quant à la capacité d'échange cationique elle est faible, cette dernière reflète une faible fertilité chimique. L'interprétation des résultats analytiques des sols, montre que ces derniers présentent de bonnes potentialités pédologiques.

A ces propriétés pédologiques sont associées des richesses en rhopalocères plus au moins importantes. **Oostermeijer et van Swaay (1998)**, et **Smith et al., 2000**, ont trouvé des corrélations significatives entre les modèles d'occurrence et les propriétés du sol telles que les conditions nutritives, l'acidité et l'humidité pour plusieurs espèces de papillons, avec Pollard et al. (1998) qui ont signalé une augmentation de l'abondance d'espèces se nourrissant d'herbes à feuilles grossières, probablement en raison de niveaux accrus de nutriments.

Les chenilles de rhopalocères, ont généralement une relation indirecte avec le sol. Après l'éclosion des œufs, les chenilles se nourrissent des parties végétales de leurs plantes hôtes. Elles peuvent grignoter les feuilles, les tiges ou même creuser des galeries à l'intérieur des plantes. Certaines espèces de chenilles peuvent passer la majorité de leur temps dans les arbres ou les buissons, tandis que d'autres peuvent descendre au sol pour se nourrir des parties basses des plantes (**Maes and van Dyck, 2001**). Les rhopalocères du groupe *Maculinea* ont un cycle biologique complexe dont le développement d'une population dépend de la présence sur un même site d'une plante hôte et d'une fourmi hôte du genre *Myrmica* ; une partie du développement larvaire s'effectue dans une fourmilière. Les femelles pondent au niveau des inflorescences de la même plante hôtes chenilles se nourrissent des carpelles des fleurs. Après la dernière mue larvaire, la chenille se laisse tomber à terre. Elle est recueillie par une fourmi hôte et transportée dans la fourmilière et entretenue par les ouvrières jusqu'au stade adulte et quittera la fourmilière. Donc la survie des chenilles de papillon dans les fourmilières dépend de la qualité du sol, le déclin de ce groupe de population a été lié à l'utilisation des pesticides et

les polluants du sol (**Dupont ,2010 ; Ueda, 2016** ) . Le Faux cuivré smaragdin *Tomares ballus* l'un des acteurs de notre peuplement fait partie de ce groupe myrmécophile.

De plus, la phase de chrysalide des rhopalocères est généralement la période où la relation avec le sol est la plus étroite. Ces chrysalides peuvent être trouvées dans différents endroits, tels que le sol, les feuilles mortes, les écorces d'arbres, les fissures dans les rochers, ou même suspendues aux plantes. Certaines espèces ont des chrysalides qui se développent directement dans le sol, où elles peuvent rester pendant des semaines, des mois ou même des années avant l'émergence du papillon adulte (**Mollier-Pierret, 2012**).

La relation entre les rhopalocères et le sol peut présenter à la fois des éléments de compensation et de spécialisation, en fonction des différentes espèces et de leurs caractéristiques écologiques spécifiques (**Oostermeijer et van Swaay 1998, Smith et al., 2000**) : la compensation, dans le contexte des interactions écologiques, et qui se réfère au fait qu'une espèce peut utiliser différentes ressources ou habitats pour accomplir ses besoins essentiels. Ainsi, si une espèce de rhopalocère est capable d'utiliser différentes plantes hôtes pour la ponte de ses œufs ou de se métamorphoser dans différents types d'habitats (par exemple, le sol ou d'autres substrats), on peut dire qu'elle présente une certaine compensation. Cette capacité à exploiter différentes ressources ou habitats lui permet d'adapter son cycle de vie et sa survie à différentes conditions environnementales (**Wix,2019**). D'autre part, la spécialisation se réfère à la dépendance étroite d'une espèce envers des ressources ou des habitats spécifiques pour sa survie et sa reproduction. Certains rhopalocères peuvent présenter une spécialisation en termes de choix des plantes hôtes pour la ponte de leurs œufs (**van Swaay et al. 2006**). Ils peuvent avoir des exigences très spécifiques et ne pondre que sur certaines espèces de plantes. De même, certaines espèces peuvent avoir une chrysalide spécialisée et dépendre d'habitats spécifiques, tels que des zones de sol spécifiques (**Koslov et al,2022**).

Il est important de noter que la compensation et la spécialisation peuvent varier d'une espèce à l'autre et peuvent même exister simultanément au sein d'une même communauté de rhopalocères (**Dennis et al., 2004**). Certaines espèces peuvent présenter une plus grande flexibilité en termes de choix des plantes hôtes ou de sites de nourrissage, tandis que d'autres peuvent être plus spécialisées et dépendre de ressources spécifiques (**Krauss et al., 2003 ; Kotiaho et al., 2005**). Ces caractéristiques sont souvent influencées par l'évolution et l'adaptation des espèces aux conditions environnementales spécifiques de leur habitat (**Sánchez-Bayo et Wyckhuys, 2019**).

Outre les paramètres du sol, la réponse des papillons forestiers aux paramètres du paysage environnant a également été prise en considération. En particulier, nous nous attendons à ce que la richesse spécifique des papillons forestiers soit positivement affectée par la proportion du couvert forestier ainsi que par l'hétérogénéité du paysage forestier environnant (**Viljur et al.,2020**).

### **Les rhopalocères contribuent-ils à la régénération des milieux forestiers post-incendiés ?**

Les papillons pollinisateurs participent à la régénération des forêts en favorisant la diversité génétique des arbres, leur résilience et leur potentiel d'adaptation. Près de 88% du fleurissement de plantes sauvages est possible grâce aux Lépidoptères pollinisateurs et plus de 70% des cultures alimentaires mondiales tirent profit de la pollinisation animale. Il est à souligner que la disponibilité en continu des pollinisateurs contribue à l'amélioration de la résilience et la productivité de la foresterie et de l'agriculture (**FAO ,2020**).

**Marty, (2019)** affirme que la reproduction de nombreux arbres forestiers dépend des papillons pollinisateurs qui peuvent jouer un rôle dans la régénération des milieux forestiers post-incendiés, bien que leur contribution spécifique puisse varier en fonction des espèces et des circonstances particulières. Il est important de noter que l'impact des rhopalocères dans la régénération des milieux forestiers post-incendiés dépend également de facteurs tels que l'intensité de l'incendie, la composition floristique de la zone touchée, et la disponibilité des ressources alimentaires pour les papillons. Dans certains cas, l'effet des papillons peut être limité, surtout si les populations de rhopalocères sont elles-mêmes affectées par l'incendie ou si les conditions environnementales après l'incendie ne sont pas favorables à leur présence. Les travaux de **Swengel , (2001) et Gongalsky, (2021)** démontrent que les sites endommagés par les feux de forêt, subissent une restauration ultérieure soutenue par la pénétration des papillons à partir des zones non brûlées adjacentes. Après un incendie, les lépidoptères semblent être attirés par les « parcelles » de végétation herbeuse et les clairières forestières en raison de leurs préférences en matière d'habitat, jouant ainsi le rôle d'importants pollinisateurs des plantes, notamment des fleurs. Leur visite sur les fleurs permet le transfert du pollen d'une plante à une autre, favorisant ainsi la reproduction et la régénération du couvert végétal dans les zones forestières incendiées. La pollinisation par les papillons peut être particulièrement importante pour les plantes qui dépendent spécifiquement des papillons pour leur reproduction, notamment

celles ayant des fleurs de forme et de couleur adaptées à leur visite (**Ruchin,2021**). Certains papillons diurnes peuvent également contribuer au transport des graines qui peuvent s'attacher aux ailes ou aux corps des papillons lorsqu'ils se posent sur les plantes, ce qui leur permet de disperser les graines dans de nouvelles zones et d'aider ainsi à la régénération végétale (**Nakazawa, 2023**).

Enfin, le feu, pour peu qu'il soit maîtrisé, permet la création de paysages hétérogènes, en rajeunissant certaines parties d'un territoire. La résultante à large échelle est alors la création d'une mosaïque paysagère, faite de différents types de végétation (**Lloret et al. 2002**). La présence de certaines plantes hôtes dans les zones incendiées est essentielle pour permettre la survie des chenilles des papillons et leur développement. Ces dernières jouent un rôle dans le recyclage des nutriments et peuvent contribuer à la décomposition de la matière organique dans les sols forestiers (**Sushko 2022**).

## **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

La préservation de la biodiversité dans les écosystèmes forestiers et leur gestion durable sont devenus des enjeux majeurs pour bon nombre de scientifiques et de gestionnaires, et pour cause, leur productivité actuelle et future, leur capacité de régénération, leur vitalité et leur capacité à fournir des bien faits et services écologiques et socio – économiques, sont autant de facteurs à prendre en considération pour faire évoluer la gestion forestière particulièrement autour du bassin méditerranéen.

Ce travail entrepris sur la biodiversité rhopalostique drainée par les habitats forestiers du massif montagneux de l'Edough, n'a fait que confirmer la position stratégique de ce haut lieu de diversité biologique pour les communautés de papillons diurnes qui y sont inféodées, et qui y trouvent toutes les ressources nécessaires, dans des cortèges floristiques hétérogènes et éminemment diversifiés, conférant à ces espèces un statut de bioindicateurs de qualité, véritable Grille de lecture de ces écosystèmes d'exception. Evidemment, notre inventaire est loin d'être complet, en raison de nombreuses contraintes de terrain liés à l'inaccessibilité de certains habitats, il aurait été d'ailleurs intéressant de prospecter les milieux de haute altitude afin d'analyser la diversité, la dynamique et les processus adaptatifs des rhopalocères.

Outre les interactions Sol – végétation – rhopalocères, nos résultats ont démontré l'intérêt écosystémique de recolonisation des territoires post incendiés, déployés aux travers des efforts des pollinisateurs, offrant à ces milieux dégradés la possibilité de se régénérer et de donner un souffle dynamique nouveau à la diversité biologique y compris celle des rhopalocères.

A partir de ces éléments, il serait intéressant de dégager les perspectives suivantes :

- ❖ Effectuer des études moléculaires et génétiques qui permettront une meilleure identification des Rhopalocères afin d'établir des listes de référence algériennes
- ❖ Approfondir l'étude en réalisant un monitoring de plus longue durée, pour mieux apprécier le rôle fonctionnel des forêts pour les Rhopalocères
- ❖ Dresser une analyse comparative en échantillonnant dans d'autres types de milieux
- ❖ Établir des cartes de répartition fine des espèces algériennes
- ❖ Approfondir l'analyse du pouvoir régénérateur des milieux incendiés par l'intermédiaire des rhopalocères
- ❖ Effectuer une étude écotoxicologique sur les rhopalocères pour vérifier leurs pouvoir à accumuler, ou à fuir les xénobiotiques

## Références bibliographiques

1. A. Marco , T. Dutoit , M. DeschampsCottin , JF Mauffrey , M. Vennetier , V. Bertaudi ère-Montes
2. Allio, R. et al. La phylogénomique du fusil de chasse du génome entier résout le schéma et le moment de l'évolution du papillon machaon. *Syst. Biol.* **69** , 38–60 (2020).
3. André Claude. Les papillons en forêt. *Revue forestière française*, 1995, 47 (2), pp.170-172. [ff10.4267/2042/26642ff](https://doi.org/10.4267/2042/26642ff). [ffhal-03444349](https://doi.org/10.3406/ffhal-03444349)
4. Aouadi, H. (1989). *La végétation de l'Algérie nord-orientale: histoire des influences anthropiques et cartographie à 1/200 000* (Doctoral dissertation, Grenoble 1).
5. Aponte, C., de Groot, WJ et Wotton, BM (2016). Incendies de forêts et changement climatique : causes, conséquences et options de gestion. *Journal international des incendies de forêt* , 25 (8), i-ii.
6. Arfa, A. M., Benderradji, M. E., & Altou, D. (2008). Les incendies de forêts en Algérie: stratégie de prévention et plan de gestion. *Université Mentouri, Constantine, Algérie*, 13.
7. Baize, D. (1989). Typologie des sols de l'Yonne. Plateaux de Bourgogne.(France).
8. Barczak, A. K., Domenech, P., Boshoff, H. I., Reed, M. B., Manca, C., Kaplan, G., & Barry III, C. E. (2005). In vivo phenotypic dominance in mouse mixed infections with *Mycobacterium tuberculosis* clinical isolates. *The Journal of infectious diseases*, 192(4), 600-606.
9. Bardinet, C. (1981). Annaba (Algérie): Télédétection et analyse géographique par Landsat 2. *Méditerranée*, 42(2), 29-41.
10. Barrios E., 2007 - Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics*, 64, pp. 269-285.
11. Bartolomé, J., Plaixats, J., Fanlo, R., & Boada, M. (2005). Conservation des landes atlantiques isolées en région méditerranéenne : effets des changements d'affectation des sols dans la réserve de biosphère du Montseny (Espagne). *Conservation biologique* , 122 (1), 81-88.
12. Bazri, K. E., & Touati, O. G. (2017). Etude de la biodiversité des lombriciens et leurs relations avec les propriétés du sol dans différents étages bioclimatiques, dans l'est Algérien.

13. Belkhir, L., Boudoukha, A., Mouni, L., & Baouz, T. (2010). Application des méthodes statistiques multivariées et de la modélisation géochimique inverse pour la caractérisation des eaux souterraines - Cas d'étude : plaine d'Ain Azel (Algérie). *Géoderme* , 159 (3-4), 390-398.
14. Belouahem-Abed, D., Belouahem, F., Benslama, M., de Bélair, G., & Muller, S. D. (2011). Les aulnaies de Numidie (NE algérien): biodiversité floristique, vulnérabilité et conservation. *Comptes rendus biologiques*, 334(1), 61-73.
15. Benkhelil ML. 2001. Les techniques de récolte et de piégeages utilisées en entomologie terrestre. Ed. Office des publications universitaires Ben- Aknoun, Alger. 68p.
16. Benoit-Chabot, V. (2014). *Les facteurs de sélection des bio-indicateurs de la qualité des écosystèmes aquatiques: élaboration d'un outil d'aide à la décision* (Doctoral dissertation, éditeur non identifié).
17. Bence S; Delauge J; Richaud S; Dorothee M; Hayot C. (2016) : Liste rouge régionale des papillons de jour de Provence-Alpes-Côte d'azur. Conces Naturelles. Provence-AlpesCôte d'azur
18. Benslama-Zanache, H. 2007.Evolution régressive des sols des zones humides de l'Algérie Nord Orientale (Cas de la NechaaRighia W. El-Taref). 9ème Journée nationale de l'étude des sols. (afes). 3-5 avril. 2007 Angers France.
19. Benyacoub.1993.Ecologie de l'avifaune forestiere nicheuse de la region d'el-Kala (Nord-Est Algerien). Université de Bourgogne [France]
20. Bergerot, B. (2010). *Fonctionnement des communautés de rhopalocères en milieux urbains et périurbains* (Thèse de doctorat, Paris 6).
21. Berkane .2011. Contribution à l'étude de la diversité et de l'écologie des papillons de jours (Rhopalocères et Hétérocères diurnes) au parc national de Taza (Jijel). Université Abderahmane Mira Béjaïa [Algeria ]
22. Berkane S, Rahmani A, Arifi B, Moulai R. 2019. Diversity and ecology of diurnal Lepidoptera in Belezma National Park (Aures, Algeria). *Zoology and Ecology*, 29 (2) : 143–151. DOI : <https://doi.org/10.35513/21658005.2019.2.11>
23. Berkane S,Hafir H, Moulai R.2021 .Ecological analysis of butterflies and day-flying moth's diversity of the gouraya national park (Algeria). *Zoodiversity*, 55(2): 155–166.DOI : 10.15407/zoo2021.02.155 biogeochemistry. Science, 365, pp. eaav0550.
24. Berthelin J., Blanchart E., Trap J., Munch J.C., 2018 - Soils are Biosystems,

25. BERTHIER S., 2000– Les couleurs des papillons ou l'impérative beauté. Ed. Springer Verlag, Paris, 128p.
26. Bispo A., Guellier C., Martin E., Sapijanskas J., Soubelet H., Chenu C., 2016. Les sols. Intégrer leur multifonctionnalité pour une gestion durable, Éditions Quæ, Versailles, coll. Savoir-faire, 384 p. Citeau L., Bispo A., Bardy M., King D., coord., 2008. Gestion durable des sols, Éditions Quæ, Versailles, coll. Savoir-faire, 320 p.
27. Blair R B, and Launer A E. 1997. Butterfly Diversity and Human Land Use: Species Assemblages along an Urban Gradient. *Biological Conservation* ,80: 113–125. DOI : [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(96\)00056-0](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(96)00056-0)
28. Blum, WE et Swaran, H. (2004). Des sols pour soutenir la production alimentaire mondiale. *Journal of food science* , 69 (2), crh37-cr42.
29. BNEDER (*Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural*).2008. Étude d'inventaire forestier national rapport sur la caractérisation des formations forestières. Rapport sur la caractérisation des formations forestières de la wilaya de Annaba,10-17.
30. Boggs, CL, Watt, WB & Ehrlich, PR *Papillons : écologie et évolution prenant leur envol* (University of Chicago Press, 2003).
31. Bonkowski M., Clarholm M., 2012 - Stimulation of plant growth through interactions of bacteria and protozoa: Testing the auxiliary microbial loop
32. Bonneil, P. (2005). *Diversité et structure des communautés de Lépidoptères nocturnes en chênaie de plaine dans un contexte de conversion vers la futaie régulière* (Doctoral dissertation, Museum national d'histoire naturelle-MNHN PARIS).
33. Bonnet, V., & Tatoni, T. (2003). Analyse spatiale et fonctionnelle de la réponse de la végétation après incendie en basse Provence calcaire. *Forêt méditerranéenne*, 24(4), 385-402.
34. Borschig C, Klein A M, Von Wehrden H and Krauss J. 2013 .Traits Of Butterfly Communities Change From Specialist To Generalist Characteristics With Increasing Land-Use Intensity. *Basic And Applied Ecology*, 14 : 547– 554. DOI : 10.1016/j.baae.2013.09.002
35. Bossière, G., & Vauchez, A. (1978). Déformation naturelle par cisaillement ductile d'un granite de Grande Kabylie occidentale (Algérie). *Tectonophysique* , 51 (1-2), 57-81.
36. Bouchelaghem, F. (2010). Une étude numérique et analytique sur la dissolution de la calcite et la précipitation du gypse. *Modélisation mathématique appliquée* , 34 (2), 467-480.

37. Bouchibane, M., Zemouri, M., & Toumi, R. (2021). Contribution à l'étude de la végétation de certains massifs montagneux de la Kabylie des Babors (Nord-Est algérien). Contribution to the study of the vegetation of some mountains to the Kabylia of Babors (Northeastern Algeria). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*.
38. Boukheroufa, M., Sakraoui, F., Belbel, F., & Sakraoui, R. (2020). Alimentation hivernale de la genette commune, *Genetta genetta* (Carnivora, Viverridae), et du loup doré d'Afrique, *Canis anthus* (Carnivora, Canidae), en localité altitudinale de la forêt d'Edough (nord-est algérien). *Zoodiversité*, 54 (1), 67-74.
39. Boulemtafess . 2015. Diagnostic de la diversité animale et végétale du littoral de la péninsule de L'Edough Nord-Est Algerien. Université Badji Mokhtar, Annaba. [Algérie]
40. Boulinier T, Lemel JY (1996) Variation spatiale et temporelle des facteurs affectant la qualité de l'habitat de reproduction chez les oiseaux coloniaux : quelques conséquences sur la dispersion et la sélection de l'habitat. *Acta Oecol* 17: 531–552
41. Boutin, R., & Robitaille, G. (1995). Increased soil nitrate losses under mature sugar maple trees affected by experimentally induced deep frost. *Canadian Journal of Forest Research*, 25(4), 588-602.
42. Bouzeriba, L. (2001). Contribution à la caractérisation du peuplement de Lépidoptères (Hétérocères) dans le Parc National d'El-Kala (Nord-est algérien). *Mémoire. Ingénieur. Univ. Annaba. 41p.*
43. Boyer, SM et Moulson, AJ (1978). Un mécanisme de nitruration du silicium contaminé par Fe. *Journal of Materials Science*, 13, 1637-1646.
44. Boyer, J. (1978). *Le calcium et le magnésium dans les sols des régions tropicales*
45. Brooks, DR et al. Le déclin des grands carabes dans un réseau de surveillance au Royaume-Uni augmente les preuves d'une perte généralisée de la biodiversité des insectes. *J. Appl. Écol.* 49, 1009-1019 (2012).
46. Brooks, ML et Lusk, M. (2008). Gestion des incendies et plantes envahissantes: un manuel pour les gestionnaires des terres. *Service de la pêche et de la faune des États-Unis, Arlington*.
47. Brotons, L., Herrando, S., & Pons, P. (2008). Wildfires and the expansion of threatened farmland birds: the ortolan bunting *Emberiza hortulana* in Mediterranean landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 45(4), 1059-1066.

48. Brown, K. S., & Andre Victor L. Freitas. (2000). Atlantic Forest Butterflies: Indicators for Landscape Conservation. *Biotropica*, 32(4b), 934–956. <http://www.jstor.org/stable/2663930>
49. Buckingham, S., Murphy, N. et Gibb, H. (2019). Effets de la sévérité du feu sur la composition et les traits fonctionnels des macroinvertébrés vivant dans la litière dans une forêt tempérée. *Écologie et gestion forestières* , 434 , 279-288.
50. Buol, SW, Southard, RJ, Graham, RC et McDaniel, PA (2011). *Genèse et classification des sols* . John Wiley et fils.
51. Burden, CM, Elmore, C., Hladun, KR, Trumble, JT et Smith, BH (2016). Une exposition aiguë au sélénium perturbe le conditionnement associatif et le rappel de la mémoire à long terme chez les abeilles mellifères (*Apis mellifera*). *Écotoxicologie et sécurité environnementale* , 127 , 71-79.
52. Buttlar, A., 1992. Hydrochimie de nappes des prairies humides de la rive sud de lac de Neuchâtel. *Bull.Ecol.*, t.23 (3-4) pp 415-421.
53. C Faurie, C Ferrà, P Medori, J Dévaux and J.-L Hemptinne. 2006. *Écologie, Approche scientifique et pratique*, Paris.
54. C., Maynard D.S., 2019 - The global soil community and its influence on
55. Caby, R., Hammor, D., & Delor, C. (2001). Évolution métamorphique, fusion partielle et exhumation miocène de la croûte inférieure dans le complexe du noyau métamorphique de l'Edough, orogène ouest-méditerranéen, Algérie orientale. *Tectonophysique* , 342 (3-4), 239-273.
56. Caldwell B.A., 2005 - Enzyme activities as a component of soil biodiversity: A review. *Pedobiologia*, 49, pp. 637-644.
57. Calheiros, T., Pereira, MG et Nunes, JP (2021). Évaluer les impacts du changement climatique futur sur les phénomènes météorologiques extrêmes liés aux incendies et les régions pyrotechniques de la péninsule ibérique. *Science de l'environnement total* , 754 , 142233.
58. Cardoso I.M., Kuyper T.W., 2006 - Mycorrhizas and tropical soil fertility. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 116, pp. 72-84.
59. Carter D., 2000- *Butterflies and Moths*. Ed. Dorling Kindersley, London, 127p.
60. Casas-Pinilla, LC, Iserhard, CA, Richter, A., Gawlinski, K., Cavalheiro, LB, Romanowski, HP et Kaminski, LA (2022). Le boisement de Pinus d'âges différents ne supporte pas les assemblages typiques de papillons fruitiers de la forêt atlantique. *Écologie et gestion forestières* , 518 , 120279.

- 61.** Chapuis-Lardy L., Le Bayon R.-C., Brossard M., López-Hernández D., Blanchart E., 2011 - Role of soil macrofauna in phosphorus cycling. *Phosphorus in Action*, pp. 199-213. Springer.
- 62.** Charbonnier Yohan. Relations entre diversité des habitats forestiers et communautés de chiroptères à différentes échelles spatiales en Europe : implications pour leur conservation et le maintien de leur fonction de prédation. *Biodiversité et Ecologie*. Université de Bordeaux, 2014. Français. ffNNT :2014BORD0277ff. fftel-01133680
- 63.** Chazot, N. et al. Antérieurs et postérieurs dans les analyses bayésiennes de synchronisation des divergences : l'âge des papillons revisité. *Syst. Biol.* **68** , 797–813 (2019).
- 64.** CHINERY M. et CUISIN M., 1994– Les papillons d'Europe (Rhopalocères et Hétérocères) *Critical Zone 1: Functions and Services*, 1, pp. 117-145.
- 65.** CHINERY M., 1988- Insectes d'Europe Occidentale. Ed. Arthaud, Paris, 320 p.
- 66.** Clarholm M., 1985 - Interactions of bacteria, protozoa and plants leading to mineralization of soil-nitrogen. *Soil Biology & Biochemistry*, 17, pp. 181-187.
- 67.** Clavel, J., Julliard, R. & Devictor, V. (2010) Worldwide decline of specialist species: toward a global functional homogenization? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9, 222–228
- 68.** Coley, PD, & Barone, JA (1996). Herbivores et défenses végétales dans les forêts tropicales. *Revue annuelle d'écologie et de systématique* , 27 (1), 305-335.
- 69.** Comifer ; 2013. Calcul de la fertilisation azotée - Guide méthodologique pour l'établissement des prescriptions locales - Cultures annuelles et prairies.
- 70.** Cote S. (2000) : Commencer Sa Collection D'insecte- Technique Comment Etaler Un Papillon. Edition Association Des Entomologistes Amateurs Du Quebec Inc. 7p.Ed. Delâchaux et Niestlés, Paris, 320 p.
- 71.** Cotrufo M.F., Wallenstein M.D., Boot C.M., Deneff K., Paul E., 2013 - The Microbial Efficiency-Matrix Stabilization (MEMS) framework integrates plant litter decomposition with soil organic matter stabilization: do labile plant inputs form stable soil organic matter? *Global Change Biology*, 19, pp. 988-995
- 72.** Couture, I. (2006, février). Principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en micro-irrigation. In *Colloque sur l'irrigation, L'eau, Source de Qualité et de Rendement*, 13p .

- 73.** Cowling, R. M., Ojeda, F., Lamont, B. B., Rundel, P. W., & Lechmere-Oertel, R. (2005). Rainfall reliability, a neglected factor in explaining convergence and divergence of plant traits in fire-prone mediterranean-climate ecosystems. *Global ecology and biogeography*, 14(6), 509-519.
- 74.** Crowther T.W., Van den Hoogen J., Wan J., Mayes M.A., Keiser A., Mo L., Averill C., Maynard D.S., 2019 - The global soil community and its influence on biogeochemistry. *Science*, 365, pp. eaav0550.
- 75.** Dajoz R. 1971. Précis d'écologie [Specific Ecology], Paris.
- 76.** Dajoz R. 2007. Les insectes des forêts. Rôle et diversité des insectes dans le milieu forestier.
- 77.** Dajoz R., 2006. Précis d'écologie: 8e Edition, Ed. DUNOD, Paris. 631p.
- 78.** Dajoz, R. (1999). ANALYSES DE LIVRES-Les insectes et la foret. *Pour la Science*, (258), 108.
- 79.** Debazac, E. F. (1959). La végétation forestière de la Kroumirie. *Annales de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences Forestières*, 16(2), 1-133.
- 80.** De Belair, G., Vela, E., & Boussouak, R. (2005). Inventaire des orchidées de Numidie (NE Algérie) sur vingt années. *J. Eur. Orch*, 37(2), 291-401.
- 81.** DE HILLY, J., POMMERY, I., & LE GALLIC, M. L. (1962). Bibliographie géologique annuelle de l'Algérie du nord et du Sahara septentrional, n. 8. *Bulletin-Service de la carte géologique de l'Algérie*, (30), 244-281.
- 82.** De Peralta, G., Di Paolo L., Luotto, I., Omuto, C., Mainka M., Viatkin, K., Yigini, Y. 2022. Global soil organic carbon sequestration potential map (GSOCseqv1.1)- Technical manuel. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb2642en>
- 83.** Deacon, C., Pryke, JS et Samways, MJ (2023). La variété des caractéristiques physiques du paysage dans les mosaïques forestières naturelles de prairies et de plantations favorise divers assemblages de papillons. *Conservation biologique* , 282 , 110076., 110076.
- 84.** Decaëns T., Jimenez J.J., Gioia C., Measey J., Lavelle P., 2006. The values of soil animals for conservation biology. *European Journal of Soil Biology*, 42, S23-S38.
- 85.** Decaëns, T. (2010). Modèles macroécologiques dans les communautés du sol. *Écologie mondiale et biogéographie* , 19 (3), 287-302.

- 86.** DellaSala, DA et Hanson, CT (2015). Avantages écologiques et pour la biodiversité des mégafeux. Dans *L'importance écologique des incendies de gravité mixte* (pp. 23-54). Elsevier.
- 87.** Demerges D, Bachelard P.2002. Proposition de mise en place d'une méthode de suivi des milieux ouverts par les Rhopalocères et Zygaenidae dans les Réserves Naturelles de France, Paris. d'innovations agricoles. Thèse de doctorat de l'Université d'Antananarivo. 218 pages.
- 88.** Demerges D. 2003. Voici pourquoi vous allez compter les papillons ; méthode et appel à contribution. *Espaces naturels 1* : 13p. DOI :
- 89.** Demerges D.& Bachelard P. (2002) : Proposition De Mise En Place D'une Methode De Suivi Des Milieux Ouverts Par Les Rhopaloceres Et Zygaenidae Dans Les Reserves Naturelles De France. Edition Reserves Naturelles De France. Paris. 35p.
- 90.** Demerges, David. (2000) : "Premiere Contribution A L ' Etude Des Lepidopteres Rhopaloceres Et Zygaenidae Du Projet De Parc Naturel Regional De La Narbonnaise En Mediterranee." : 1-42.
- 91.** Demolon, A. (1966). *Dynamique du sol* (Vol. 1). Dunod.
- 92.** Dennis, R.H.L., Hodgson, J.G., Grenyer, R., Shreeve, T.G., Roy, D.B., 2004. Host plants and butterfly biology. Do host-plant strategies drive butterfly status? *Ecological Entomology* 29,12-26.
- 93.** Dennis.2004.Des pelouses calcicoles d'Évreux et commentaires sur la disparition présumée de certaines espèces.Bulletin Société Linnéenne de Normandie 119 : 75-85.
- 94.** Deschamps-Cottin M, Descimon H, Roux M. 1997.Valeur trophique des plantes nourricières et préférence de ponte chez *Parnassiusapollo* L. (Lepidoptera, Papilionidae). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series III - Sciences de la Vie*, 320 (5) : 399-406. DOI : 10.1016/s0764-4469(97)85028-7
- 95.** Devictor, V., Clavel, J., Julliard, R., Lavergne, S., Mouillot, D., Thuiller, W., ... & Mouquet, N. (2010). Définir et mesurer la spécialisation écologique. *Tourillon d'écologie appliquée* , 47 (1), 15-25.
- 96.** DGF 2006: Vitalité des peuplements de chênes- liège et chênes verts: Situation actuelle, état des connaissances et actions à entreprendre, 6 pp
- 97.** Didham, RK, Ghazoul, J., Stork, NE et Davis, AJ (1996). Les insectes dans les forêts fragmentées : une approche fonctionnelle. *Tendances en écologie et évolution* , 11 (6), 255-260.

98. DJILI, K. (2000). *Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie* (Doctoral dissertation, INA).
99. Dörfler, I., Gossner, MM, Müller, J., Seibold, S. & Weisser, WW L'enrichissement du bois mort combinant des éléments de conservation intégratifs et ségrégatifs améliore la biodiversité de plusieurs taxons dans les forêts gérées. *Biol. Conserv.* **228** , 70–78 (2018).
100. Dover J, Sparks T, Clarke S, Gobbett K, Glossop S. 2000. Linear features and butterflies: the importance of green lanes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 80 (3) : 227–242. DOI : [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00149-3](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00149-3)
101. Dozières, A., Valarcher, J., & Clément, Z. (2017). Papillons des Jardins, des Prairies et des Champs. *Guide de terrain pour les observatoires de sciences participatives. Escourbiac, 133.*
102. Duchaufour, P., & Souchier, B. (1977). *Constituants et propriétés du sol* . Masson.
103. Dupont P, Demerges D, Drouet E and Luquet G Ch. 2013. Révision systématique, taxinomique et nomenclaturale des Rhopalocera et des Zygaenidae de France métropolitaine. Conséquences sur l'acquisition et la gestion des données d'inventaire. Rapport MMNHN-SPN 2013 - 19, 201 p.
104. Durand, J. H. (1983). Les sols irrigables; etude pedologique.
105. Ebert, G. et E. Rennwald . 1991 . *Die Schmetterlinge Baden-Wurtemberg* . Ulmer, Stuttgart, Allemagne .
106. Elia, M., Laforteza, R., Tarasco, E., Colangelo, G., & Sanesi, G. (2012). The spatial and temporal effects of fire on insect abundance in Mediterranean forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 263, 262-267.
107. Eliard, J. L. (1979). *Manuel d'agriculture generale: Base de la production vegetale. A l'usage des eleves de l'enseignement agricole et des stagiaires des centres de formation professionnelle agricole*. Editions J.-b. Bailliere.
108. Eugenio, M., & Lloret, F. (2004). Fire recurrence effects on the structure and composition of Mediterranean *Pinus halepensis* communities in Catalonia (northeast Iberian Peninsula). *Ecoscience*, 11(4), 446-454.
109. Evie Lilly Warikar, Euniche R.P.F. Ramandey and Daawia Suhartawan. 2017. Inventory of the butterfly fauna (Lepidoptera:Rhopalocera) of Kurudu Island (Japen Island Regency, Papua, Indonesia). University of Cenderawasih. *SuaraSerangga Papua (SUGAPA digital)* 10(2): 76-83. DOI : 10.19269/sugapa2017.10(2).06.

110. F Ramade.1984. Eléments d'écologie : Ecologie fondamentale, Paris.
111. Fagundez, J. (2013). Les landes face au changement global : moteurs de la perte de biodiversité des scénarios passés aux scénarios futurs. *Annales de Botanique* , 111 (2), 151-172.
112. Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, FG, Crist, TO, Fuller,RJ, Sirami, C., Siriwardena, GM, Martin, J.-L., 2011.Hétérogénéité fonctionnelle du paysage et biodiversité animale dans les paysages agricoles : Hétérogénéité et biodiversité. *Ecology Letters*, 14 : 101– 112.
113. FAO (2010) Global Forest Resources Assessment 2010,.
114. FAO. *Évaluation des ressources forestières mondiales 2020 : Rapport principal* (FAO, 2020).
115. Fartmann .T, C. Müller , D. Poniowski.Effets du taillis sur les communautés de papillons des forêts *Biol. Conserv.* , 159 ( 2013 ) , p. 396 - 404 ,10.1016/j.biocon.2012.11.024
116. Faure É.2007. Suivi de milieux ouverts dans le parc naturel régional du Luberon par des papillons de jour (Rhopalocères) bioindicateurs. *Courrier scientifique du parc naturel régional du Luberon*(8) : 86–101. DOI : <http://hdl.handle.net/2042/58107>
117. Feltwell, J. (1981). Pupal spines of *Pieris brassicae* (L.). *Entomologist's record and journal of variation*.
118. Ferraro A. et al.Long-term Pinus plantations reduce the bud bank in Cerrado areas *Appl. Veget. Sc.*(2020)
119. FERRARO, P.J., and SIMORANGKIR, R. 2020. Conditional cash transfers to alleviate poverty also reduced deforestation in Indonesia. *Science Advances* 6(24): eaaz1298.
120. Ferry, C., & Frochet, B. (1958). Une méthode pour dénombrer les oiseaux nicheurs. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, (2), 85-102.
121. Fierer N., 2017 - Embracing the unknown: disentangling the complexities of the soil microbiome. *Nature Reviews Microbiology*, 15, pp. 579-590.
122. Fontaine, B., Bergerot, B., Le Viol, I., & Julliard, R. (2016). Impact de l'urbanisation et des pratiques de jardinage sur les communautés de papillons communs en France. *Écologie et évolution* , 6 (22), 8174-8180.
123. FOREY P. et Mc CORMICK S., 1992- Les papillons. Ed. Gründ, Paris, 123 p.
124. Forman R.T.T., Godron M., 1986, *Landscape ecology*, New York, John Wiley and Sons, 619 p

- 125.** Frahtia.2005. Contribution a l'étude des Lépidoptères dans la région d'el-Kala. diversité, déterminisme de la répartition et dynamique post-incendie des peuplements de Rhopaloceres. Université d'Annaba [Algeria ]
- 126.** FRIEND, GR et WILLIAMS, MR Impact du feu sur les communautés d'invertébrés dans les maquis à bruyères du sud-ouest de l'Australie. *Biologie de la conservation du Pacifique* , 1995, vol. 2, n° 3, p. 244-267.
- 127.** Frizon de Lamotte, D., Saint Bezar, B., Bracène, R., & Mercier, E. (2000). The two main steps of the Atlas building and geodynamics of the western Mediterranean. *Tectonics*, 19(4), 740-761.
- 128.** GAUTHIER S. et al., 2001 -Les perturbations naturelles et la diversité écosystémique Le naturaliste Canadien, vol 125N°3 .8p
- 129.** Gibb, H., & Hochuli, DF (2002). Fragmentation de l'habitat en milieu urbain : grands et petits fragments supportent différents assemblages d'arthropodes. *Conservation biologique* , 106 (1), 91-100.
- 130.** Gleizes, G., Bouloton, J., Bossière, G., & Collomb, P. (1988). Données lithologiques et pétro-structurales nouvelles sur le massif cristallophyllien de l'Edough (Est-Algérien). Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série 2, Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de l'univers, Sciences de la Terre, 306(14), 1001-1008.
- 131.** Gobat, JM, Aragno, M., & Matthey, W. (2010). *Le sol vivant : bases de pédologie, biologie des sols* (Vol. 14). PPUR Presses polytechniques.
- 132.** Gongalsky, K. B., Zaitsev, A. S., Korobushkin, D. I., Saifutdinov, R. A., Butenko, K. O., de Vries, F. T., ... & Bardgett, R. D. (2021). Forest fire induces short-term shifts in soil food webs with consequences for carbon cycling. *Ecology Letters*, 24(3), 438-450.
- 133.** Gongalsky, KB, & Persson, T. (2013). Rétablissement de la macrofaune du sol après les incendies de forêts boréales. *Biologie et biochimie des sols* , 57 , 182-191.
- 134.** Gonseth Y. 1994. La faune des Lepidopteres diurnes (Rhopalocera) des milieux humides du Canton de Neuchatel - li - Tourbiers, prés a litière, megaphorbies. Bull. Soc. Neuchatel. Sci. Nat : 33-57. DOI : <http://doi.org/10.5169/seals-89414> Habitats and Reserves of Biodiversity. Soils as a Key Component of the hypothesis. Acta Protozoologica, 51, pp. 237-247
- 135.** Gosselin, M., & Laroussinie, O. (2004). Biodiversité et gestion forestière. Connaître pour préserver. *Synthèse bibliographique*, (20).

- 136.** Grass, I. et al. Partage des terres/paysages de connectivité épargnés pour les services écosystémiques et la conservation de la biodiversité. *Personnes Nat.* **1** , 262–272 (2019).
- 137.** Grill, A., Knoflach, B., Cleary, DFR, Kati, V., 2005. Communautés de papillons, d'araignées et de plantes différents types d'utilisation des terres en Sardaigne, Italie Biodivers. 12811300. doi : 10.1007/s10531-004-1661-4
- 138.** Guénon, R. (2010). *Vulnérabilité des sols méditerranéens aux incendies récurrents et restauration de leurs qualités chimiques et microbiologiques par des apports de composts* (Thèse de doctorat, Université Paul Cézanne-Aix-Marseille III).
- 139.** GUILBOT R. et ALBOUY V., 2004 - Les papillons. Ed. Vecchi, Paris, 123 p.
- 140.** Haddad, NM et al. Fragmentation de l'habitat et son impact durable sur les écosystèmes de la Terre. *Sci. Adv.* **1** , e1500052 (2015).
- 141.** Hadj Zobir, S. (2007). *Les formatios ultrabastiques-basiques de SIDI MOHAMED (Massif De L'edough, Annaba, ne Algerien)* (Doctoral dissertation, Annaba).
- 142.** Hadj-Zobir, S. (2012). Impact de l'altération sur le bilan chimique des diatexites du massif de l'Edough (Annaba, NE Algérien). *Estudios Geológicos*, 68(2), 203-215.
- 143.** HADIBY, R., BOUKHEROUFA, M., ADJAMI, Y., DJEDDA, H., BOUSSAHA, A., FRIH, A., ... & SAKRAOUI, F. (2022). Partie comparée des saproxyliques dans le peuplement de Coléoptères entre milieu naturel et milieu post-incendié du massif forestier de l'Édough (Nord-Est, Algérie). *Bulletin de la Société Zoologique de France* , 147 (4).
- 144.** Hamel, T., Seridi, R., de Belair, G., Slimani, A. et Babali, B. (2013). Flore vasculaire rare et endémique de la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien). *Synthèse : Revue des Sciences et de la Technologie* , 26 , 65-74.
- 145.** Hammor, D., & Lancelot, J. (1998). Métamorphisme miocène de granites panafricains dans le massif de l'Edough (Nord-Est de l'Algérie). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Série IIA-Sciences de la Terre et des planètes* , 327 (6), 391-396.
- 146.** Henle, K., Davies, KF, Kleyer, M., Margules, C. et Settele, J. (2004). Prédicteurs de la sensibilité des espèces à la fragmentation. *Biodiversité & Conservation* , 13 , 207-251.
- 147.** Hill, KC, Bakker, JD et Dunwiddie, PW (2017). Incendies dirigés dans l'habitat des papillons des prairies : ciblage des conditions météorologiques et des combustibles

- pour réduire la température du sol et la gravité des brûlures. *Écologie du feu* , 13 , 24-41.
- 148.** Hladun, KR, Parker, DR, Tran, KD et Trumble, JT (2013). Effets de l'accumulation de sélénium sur la phytotoxicité, l'herbivorie et l'écologie de la pollinisation chez le radis (*Raphanus sativus* L.). *Pollution de l'environnement* , 172 , 70-75.
- 149.** Holder, K., Montgomerie, R., & Friesen, V. L. (2004). Genetic diversity and management of Nearctic Rock Ptarmigan (*Lagopus mutus*). *Canadian Journal of Zoology*, 82(4), 564-575.
- 150.** Hooper, D. U., Chapin III, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., ... & Wardle, D. A. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological monographs*, 75(1), 3-35.
- 151.** Hooper, D. U., Chapin III, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., ... & Wardle, D. A. (2005). Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological monographs*, 75(1), 3-35.
- 152.** Huston, MA, & DeAngelis, DL (1994). Concurrence et coexistence : les effets du transport des ressources et des taux d'approvisionnement. *Le naturaliste américain* , 144 (6), 954-977.
- 153.** Ichter J., Poncet L., Touroult J., 2014. Catalogues des méthodes et des protocoles. Phase 1 : Etude de définition et proposition d'une démarche. Rapport MNHN-SPN 2014- 52. Service du Patrimoine Naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. 30 page
- 154.** Ilavsky, J., & Snopkova, P. (1987). Découverte d'acritarches paléozoïques dans les terrains métamorphiques de l'Edough (Wilaya d'Annaba, Algérie). *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série 2, Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de l'univers, Sciences de la Terre*, 305(10), 881-884.
- 155.** J. Conservation des insectes. , 16 ( 6 ) ( 2012 ) , p. 857 - 865 ,[10.1007/s10841-012-9473-4](https://doi.org/10.1007/s10841-012-9473-4)
- 156.** J. Kanowski, C.P. Catterall, G.W. Wardell-Johnson, Consequences of broadscale timber plantations for biodiversity in cleared rainforest landscapes of tropical and subtropical Australia, *Forest Ecology and Management*, Volume 208, Issues 1–3, 2005, Pages 359-372, ISSN 0378-1127, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.01.018>.

- 157.** J. Settele , T. Shreeve , M. Konvička , H. Van Dyck (Eds.) , Ecology of Butterflies in Europe , Cambridge University Press , Cambridge ( 2009 ) , pp. 353 – 370
- 158.** J.-P. Rossi , I. Van Halder. Vers des indicateurs de la biodiversité des papillons basés sur une description multi-échelle des paysages Écol. Ind. , 10 ( 2 ) ( 2010 ) , p. 452 – 458 ,10.1016/j.ecolind.2009.07.016
- 159.** Joleaud, L. (1936). Etude géologique de la région de Bône et de la Calle-pub [Geological survey of the Bône region and the Calle-pub Geological map service].
- 160.** Kacha S, Adamou-Djerbaoui M, Marniche F and De Prins W. 2017. The richness and diversity of Lepidopteraspecies in different habitats of the National Park Theniet El Had (Algeria). J FundamApplSci (Journal of Fundamental and Applied Sciences).
- 161.** Kacha S, Djerbaoui M, Marniche F, De Prins W, Ramdani M, Roger F and Moulaï R .2020.Diversity and abundance of Lepidoptera populations in the Theniet El Had National Park (Algeria).Zootaxa , 4743 (1): 035–046. DOI : <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4743.1.3>
- 162.** Kanowski, J., Catterall, CP et Wardell-Johnson, GW (2005). Conséquences des plantations de bois à grande échelle pour la biodiversité dans les paysages de forêt tropicale défrichée de l'Australie tropicale et subtropicale. *Écologie et gestion forestières* , 208 (1-3), 359-372.
- 163.** Kaouritchev, I. 1983. Manuel pratique de pédologie, ed. MC. GRAWHILL, 397 p
- 164.** Karaca A., Cetin S.C., Turgay O.C., Kizilkaya R., 2011 - Soil enzymes as indication of soil quality. Soil enzymology (eds G. Shukla & A. Varma), pp. 119- 148. Springer, New York
- 165.** Kati V, Poirazidis K, Dufrêne M, Halley J. M, Korakis G, Schindler S, and Dimopoulos P. 2010. Towards the use of ecological heterogeneity to design reserve networks: A case study from Dadia National Park, Greece. Biodiversity and Conservation 19(6): 1585–1597. Elsevier. Biological Conservation 123(3): 403-412. DOI : <http://dx.doi.org/10.1007/s10531-010-9788-y>
- 166.** Kawahara, AY, Storer, C., Carvalho, APS *et al.* Une phylogénie globale des papillons révèle leur histoire évolutive, leurs hôtes ancestraux et leurs origines biogéographiques. *Nat Écol Évol* (2023). <https://doi.org/10.1038/s41559-023-02041-9>
- 167.** Keeley Jon E. Pausas Juli G. Rundel Philip W. Bond William J. Ross A. Bradstock, Fire as an evolutionary pressure shaping plant traits, Trends in Plant Science,

Volume 16, Issue 8, 2011, Pages 406-411, ISSN 1360-1385,  
<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2011.04.002>.

- 168.** Kelly E K, Hovi C , F Ramon. da Silva B, Buchholtz E K, Carlson A K, Yue Dou, Du Yueyue, Furumo P R, Li Y, Torres A, Di Yang, Ho Y. Wan Julie G. Zaehringer, and Jianguo Liu. 2019. Telecoupling Research: The First Five Years *Sustainability* ,11(4): 1033.
- 169.** Khasirikani Mbakwiravyo, D. (2009). Cours d'écologie générale. Université de conservation de lanature et dedéveloppement de Kasugho.
- 170.** Kherris T. (2001) : Manuel D'une Preparation D'une Collection D'insectes. Edition Institut De La Recherche Forestiere. 11p.
- 171.** Kitenberga, M. (2019). Forest fire history and post-fire regeneration patterns in hemiboreal forests. Doctoral thesis for acquiring the Doctor's degree of Forest sciences.
- 172.** Koh, LP, & Menge, DN (2006). Évaluation rapide des taux de prédation des lépidoptères dans les fragments de forêt néotropicale 1. *Biotropica : The Journal of Biology and Conservation* , 38 (1), 132-134.
- 173.** Kotiaho, J.S., Kaitala, V., Komonen, A., Pa' ivinen, J., 2005. Predicting the risk of extinction from shared ecological characteristics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102, 1963–1967.
- 174.** Kozlov, MV, Castagneyrol, B., Zverev, V. et Zvereva, EL (2022). Récupération des communautés de mites et de papillons (Lépidoptères) dans une région polluée suite à la baisse des émissions. *Science de l'environnement total* , 838 , 155800.
- 175.** Krauss, J., Steffan-Dewenter, I., Tschardtke, T., 2003. Local species immigration, extinction, and turnover of butterflies in relation to habitat area and habitat isolation. *Oecologia* 137,591–602.
- 176.** Kuussaari, M., Heliölä, J., Pöyry, J. et Saarinen, K. (2007). Tendances contrastées des espèces de papillons préférant les prairies semi-naturelles, les lisières des champs et les lisières des forêts en Europe du Nord. *Journal of Insect Conservation* , 11 , 351-366.
- 177.** Lady Carolina Casas-Pinilla, Cristiano A. Iserhard, Aline Richter, Karine Gawlinski, Lis B.D. Cavalheiro, Helena P. Romanowski, Lucas A. Kaminski, Different-aged Pinus afforestation does not support typical Atlantic Forest fruit-feeding butterfly assemblages, *Forest Ecology and Management*, Volume 518, 2022, 120279, ISSN 0378-1127, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120279>.

- 178.** Lafranchis T. 1997. L'étude de population : une méthode simple et ses applications. *Insectes*, 106(3) : 23–26.
- 179.** Lafranchis T. 2000. Les papillons de jour de France, Belgique et Luxembourg et leurs chenilles, Mèze .
- 180.** Lafranchis, T. Faire mieux pour les papillons et les mites. *Papillon et papillons de nuit dans l'Empordà et leur réponse au changement global* , 131.
- 181.** Lambert, A. (1958). L'Edough-Cap-de-Fer (Algérie), ile pliocène [avec discussion]. *Bulletin de la Société Géologique de France* , 6 (7), 785-791.
- 182.** Lambret P. 2003. Lépidoptères et Orthoptères des coteaux calcaires de Dannes et de Camiers (Pas-de-Calais). *Insectes* 128. DOI : [www7.inra.fr/opie-insectes/pdf/i128lambret](http://www7.inra.fr/opie-insectes/pdf/i128lambret)
- 183.** Lang. 2019. Caractérisation de l'hétérogénéité spatiale de milieux naturels à partir d'imagerie optique très haute résolution spatiale : cas d'application aux milieux méditerranéens de garrigue. AgroparisTech, Paris, [France]
- 184.** Langlois, D., & GILG, O. (2007). Méthode de suivi des milieux ouverts par les Rhopalocères dans les réserves naturelles de France. *Réserves Naturelles de France, Quétingny, France*.
- 185.** LAREF, N., REZZAG-BEDIDA, R. A. N. I. A., BOUKHEROUFA, M., SAKRAOUI, R., HENADA, R. L. I., HADIBY, R., & SAKRAOUI, F. (2022). Diversity and status of day butterflies (Lepidoptera: Rhopalocera) in different plant associations of the Edough Forest Massif (Northeastern Algeria). *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(2).
- 186.** Leboeuf, M., & Le Tirant, S. (2017). Proposition de désignations de noms communs français pour 11 lépidoptères du Québec. *Le Naturaliste canadien*, 141(2), 22-25.
- 187.** Lee, P.-Y. & Rotenberry, J.T. (2005) Relationships between bird species and tree species assemblages in forested habitats of eastern North America. *Journal of Biogeography*, 32,1139–1150.
- 188.** Leraut P., 1997. Liste systématique et synonymique des lépidoptères de France, Belgique et Corse, Paris. Les jardins des zones rurales en urbanisation révèlent une diversité florale inattendue liée à la densité de l'habitat *C.R. Biol.* , 331 ( 2008 ) , p. 452 - 465
- 189.** Lévêque, C., & Mounolou, J. C. (2008). *Biodiversité-2e éd.: Dynamique biologique et conservation*. Dunod.

- 190.** Lindenmayer, DB, Margules, CR et Botkin, DB (2000). Indicateurs de biodiversité pour une gestion forestière écologiquement durable. *Biologie de la conservation* , 14 (4), 941-950.
- 191.** Lloret, F., Calvo, E., Pons, X., & Díaz-Delgado, R. (2002). Wildfires and landscape patterns in the Eastern Iberian Peninsula. *Landscape Ecology*, 17, 745-759.
- 192.** Locatelli Bruno, Vallet Améline, Fedele Giacomo, Rapidel Bruno. Analyser des services écosystémiques pour gérer des territoires. Caron P., Valette E., Wassenaar T., Coppens d'Eeckenbrugge G., Papazian V. Des territoires vivants pour transformer le monde, Quae, pp.108-113, 2017.
- 193.** López-Marcos, D., Turrión, MB, Bravo, F., & Martínez-Ruiz, C. (2021). Surrendement dans les pinèdes mixtes à complémentarité souterraine : impacts sur le sous-étage. *Journal européen de la recherche forestière* , 140 , 777-791.
- 194.** Loyer B; Petit D. (1994) : Cent papillons faciles à voir. Edition NATHAN. Paris. 159p
- 195.** M Carriere. 2013. Les papillons par la photo. Livre électronique . Ed. Les-Snats, collection Pense-betes, France. P :1–120.DOI : [www.les-snats.com/download/les-papillons-par-la-photo.pdf](http://www.les-snats.com/download/les-papillons-par-la-photo.pdf)
- 196.** Macgregor, CJ, Williams, JH, Bell, JR & Thomas, CD La biomasse des mites augmente et diminue sur 50 ans en Grande-Bretagne. *Nat. Écol. Évol.* **3** , 1645-1649 (2019).
- 197.** Maes, D., van Dyck, H., 2001. Butterfly diversity loss in Flandres north Belgium): Europe's worst case scenario? *Biological Conservation* 99, 263–276.
- 198.** Manil L , Henry PY, Merit X and Julliard R . 2006. Suivi Temporel des Rhopalocères de France (STERF). Suivi Temporel des Insectes Communs (STIC). Protocole STERF V6. 16 p. DOI :
- 199.** Manil L, A Lerch, C Edelist. 2008 . Suivi temporel des Rhopalocères de France (STERF). Association des Lépidoptéristes de France (ALF) ; UMR 5173, Paris.
- 200.** Manneville, O. (1999). Tourbières et marais. *Delachaux et Niestlé* .
- 201.** Marcisz, K., Tinner, W., Colombaroli, D., Kołaczek, P., Słowiński, M., Fiałkiewicz-Kozieł, B., ... & Lamentowicz, M. (2015). Dynamique hydrologique à long terme et historique des incendies au cours des 2000 dernières années en Europe CE reconstruits à partir d'archives de tourbe à haute résolution. *Quaternary Science Reviews* , 112 , 138-152.

- 202.** Marco, A. (2008). *Patrons d'espèces végétales introduites et déterminisme de leur variabilité dans les territoires urbanisés: étude de la flore cultivée des jardins et échappée dans les friches post-culturelles de l'arrière-pays méditerranéen français* (Doctoral dissertation, Aix-Marseille 1).
- 203.** Marcon. 2015. Mesures de la Biodiversité. Université Kourou. [France]
- 204.** Margolis, E. Q., Swetnam, T. W., & Allen, C. D. (2007). A stand-replacing fire history in upper montane forests of the southern Rocky Mountains. *Canadian Journal of Forest Research*, 37(11), 2227-2241.
- 205.** Marre A., 1992. — Le Tell oriental algérien de Collo à la frontière tunisienne, étude géomorphologique. Édit. Office des publications universitaires, Alger, tome 1, 624 p
- 206.** Martínez-Ruiz, C., Milder, A. I., López-Marcos, D., Zaldívar, P., & Fernández-Santos, B. (2021). Effect of the forest-mine boundary form on woody colonization and forest expansion in degraded ecosystems. *Forests*, 12(6), 773.
- 207.** Marty, P., Jourdan, A., Vennetier, M., & Lemaire, J. (2019). Dépérissement du Pin sylvestre et outils d'aide à la gestion. *Forêt Entreprise*, (249), 30-32.
- 208.** Mbakwiravyo, K. (2009): Notes on General Ecology. – Kasugho University of Nature Conservation and Development, Kasugho, DR Congo
- 209.** Mebs, D., Jansen, M., Köhler, G., Pogoda, W., & Kauert, G. (2010). Myrmecophagy and alkaloid sequestration in amphibians: a study on *Ameerega picta* (Dendrobatidae) and *Elachistocleis* sp.(Microhylidae) frogs. *Salamandra*, 46(1), 11-15.
- 210.** Medail, F., Quezel, P., Besnard, G., & Khadari, B. (2001). Systematics, ecology and phylogeographic significance of *Olea europaea* L. ssp. *maroccana* (Greuter & Burdet) P. Vargas et al., a relictual olive tree in south-west Morocco. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 137(3), 249-266.
- 211.** Meddour-Sahar, O. (2014). Les feux de forêts en Algérie: analyse du risque, étude des causes, évaluation du dispositif de défense et des politiques de gestion. *Université Mouloud Mammeri: Tizi Ouzou*.
- 212.** Megrerouche, R. (2006). Sensibilité de la végétation forestière aux incendies: cas de la forêt domaniale de Chettabah-Ain Smara-Constantine. *Mémoire de Magistère en Ecologie et Environnement, Université de Constantine*, 106.

- 213.** Middleton-Welling, J., Dapporto, L., García-Barros, E. et al. A new comprehensive trait database of European and Maghreb butterflies, Papilionoidea. *Sci Data* 7, 351 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00697-7>
- 214.** Millar, CI et Stephenson, T.-N.-L. (2015). La santé des forêts tempérées à une époque de mégaperturbations émergentes. *Sciences* , 349 (6250), 823-826.
- 215.** Mittermeier, R.UN., Hoffmann, M.,Pèlerin, J., Brooks, J., Lamoreux, J., Mittermeier, C.g.,Gil, P.R., Da Fonseca, g.UN.B., (2004). Points chauds revisités : les sites les plus riches et les plus riches de la Terreécorégions terrestres les plus menacées. CEMEX, Mexico city
- 216.** Miyashita, T., Hayashi, S., Natsume, K. et al. Diverses réponses de visite de fleurs parmi les pollinisateurs à plusieurs variables météorologiques dans la pollinisation du sarrasin. *Sci Rep* 13 , 3099 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29977-z>
- 217.** Mollier-Pierret M. (2012). Le monde des papillons. Edition Maison Des parcs et de la montagne. 56p.
- 218.** Montgolfier, J. (2013). Une vision renouvelée des territoires boisés méditerranéens?. *Forêt méditerranéenne*, 34(3), 215-220.
- 219.** Moore, NW (1975). Transect de papillons dans un habitat linéaire 1964-1973. *Gaz d'entomologiste.* , 26 , 71-78.
- 220.** Morel, J., & Hilly, J. (1966). Les banquettes côtières quaternaires du massif du Cap de Fer et de l'Edough et leurs industries lithiques de surface (est algérien). *Bulletin du Musée d'anthropologie préhistorique de Monaco*, (13), 141-159.
- 221.** Moretti, M., Obrist, MK et Duelli, P. (2004). Biodiversité des arthropodes après feux de forêts : gagnants et perdants dans le régime hivernal des feux des Alpes du Sud. *Écographie* , 27 (2), 173-186.
- 222.** MOUCHA, J. (1972). LES PAPILLONS DES HAUTS TATRA.
- 223.** Mouillot, F., Ratte, JP, Joffre, R., Mouillot, D., & Serge Rambal, A. (2005). Dynamique forestière à long terme après abandon des terres dans un paysage méditerranéen sujet aux incendies (Corse centrale, France). *Écologie du paysage* , 20 , 101-112.
- 224.** Myers, N., Mittermeier, RA, Mittermeier, CG, Da Fonseca, GA et Kent, J. (2000). Points chauds de la biodiversité pour les priorités de conservation. *Nature* , 403 (6772), 853-858.

- 225.** Nageleisen LM and Bouget C. 2009. L'étude des insectes en forêt : méthodes et techniques, éléments essentiels pour une standardisation. Synthèse des réflexions menées par le groupe de travail « Inventaires Entomologiques en Forêt » Inv.Ent.For. Les Dossiers Forestiers n°19, Office National des Forêts, 144 p.
- 226.** Nakazawa, T., Kishi, S. Le sexe des pollinisateurs est important dans la compétition et la coexistence de plantes cofloraison. *Sci Rep* 13 , 4497 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31671-z>
- 227.** New TR (1997) Les lépidoptères sont-ils un « groupe parapluie » efficace pour la conservation de la biodiversité ? *J Conservation des insectes* 1:5–12
- 228.** Normandin, D. (1998). Une évaluation de la demande sociale de services environnementaux de la forêt. *INRA sciences sociales* , (2), 1-4.
- 229.** Nunes, L. F., Leather, S. R., & Rego, F. C. (2000). Effects of fire on insects and other invertebrates. A review with particular reference to fire indicator species. *Silva Lusitana*, 8(1), 15-32.
- 230.** Öckinger, E., & Smith, HG (2007). Les prairies semi-naturelles comme sources de population pour les insectes pollinisateurs dans les paysages agricoles. *Journal d'écologie appliquée* , 44 (1), 50-59.
- 231.** OFEV 2020. Infrastructure écologique. Available at: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/biodiversite/infospecialistes/mesures-de-conservation-de-la-biodiversite/infrastructureecologique.html> (accessed 28/02/2021)
- 232.** Ojeda, F., Pausas, J. G., & Verdú, M. (2010). Soil shapes community structure through fire. *Oecologia*, 163(3), 729-735.
- 233.** Ollat, C., & Combeau, A. (1960). Méthode de détermination de la capacité d'échange et du pH d'un sol ; relations entre le complexe absorbant et le pH. *Sols Africains* , 5 (3), 343-372.
- 234.** Oostermeijer, J.G.B., van Swaay, C.A.M., 1998. The relationship between butterflies and environmental indicator values: a tool for conservation in a changing landscape. *Biological Conservation* 86, 271–280.
- 235.** Ouin A , Paillisson JM. Lhonoré J. 2000. Methodes de suivi et d'évaluation des populations et peuplements de papillons de jour. *Insectes* 117 (2) : 29–31.

- 236.** Oularbi, A., & Zeghiche, A. (2009). Sensibilité à l'érosion du massif cristallophyllien de l'Edough (Nord-Est Algérien). *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie*, 20, 58-72.
- 237.** P.M. Fernandes et al. Prescribed burning in southern Europe: developing fire management in a dynamic landscape. *Front. Ecol. Environ.* (2013)
- 238.** Palash, A., Paul, S., Resha, SK et Khan, MK (2022). La taille corporelle et l'ampleur du régime alimentaire entraînent un risque d'extinction locale chez les papillons. *Helyon*, 8 (8), e10290.
- 239.** Patrice L. 1992. Les papillons dans leur milieu. Ed. Bordas, France. 256 p.
- 240.** Pausas, JG et Keeley, JE (2009). Une histoire brûlante : le rôle du feu dans l'histoire de la vie. *BioScience*, 59 (7), 593-601.
- 241.** Pellet J, Gander A. 2009. Comparaison de méthodes pour l'estimation de l'abondance des populations de papillons de jour : établissement d'un protocole de suivi du Grand Nègre des bois (*Minois dryas* (Scopoli, 1763) sur la rive sud du lac de Neuchâtel. *Entomo Helvetica* 2 : 201–216. DOI : <https://boris.unibe.ch/id/eprint/36757>
- 242.** Peralta, G., Di Paolo, L., Luotto, I., Omuto, C., Mainka, M., Viatkin, K., Yigini, Y. (2022). Global soil organic carbon sequestration potential map (GSOCseq v1.1) – Technical manual. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 255p.
- 243.** Perez, T., Garrabou, J., Sartoretto, S., Harmelin, JG, Francour, P., & Vacelet, J. (2000). Mortalité massive d'invertébrés marins : un événement sans précédent en Méditerranée nord-occidentale. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Série III-Sciences de la Vie*, 323 (10), 853-865.
- 244.** Pérez-Fernandez, M. A. and Rodríguez-Echeverría, S. (2003) Effect of smoke, charred-wood, and nitrogenous compounds on seed germination of ten species from woodland in central-western Spain. *Journal of Chemical Ecology* 29, 237-251.
- 245.** Perović D, Gámez-Virués S, Börschig C, Klein A.-M, Krauss, J, Steckel, J. et al. 2015. Data from: Configurational landscape heterogeneity shapes functional community composition of grassland butterflies. Dryad Digital Repository. pluviale à Madagascar. Connaissances des processus et propositions
- 246.** Pestmal-Sainsaveur, R. D. (1978). *Comment faire une collection de papillons et autres insectes*. Ouest France.

247. PESTTMAL-SAINT-SAUVEUR RD. 1978. Comment faire une collection de papillon et autres insectes. Ed. Gauthier, Paris.171p.
248. Pielou E. 1969. Introduction to Mathematical Ecology. Witley-Interscience, John Wiley and Sons Inc, New York.
249. Pollard E, T. J Yates. 1993. Monitoring Butterflies for Ecology and Conservation, London.écosystémiques des sols: du concept à sa valorisation. Cahier Demeter
250. Pollard E. 1977. A method for assessing change in the abundance of butterflies. Biological Conservation, 12 (2) : 115–134. DOI : [http://dx.doi.org/10.1016/0006-3207\(77\)90065-9](http://dx.doi.org/10.1016/0006-3207(77)90065-9)
251. Ponel P (1983) Contribution à la connaissance de la communauté des arthropodes psammophiles de l'isthme de Giens. Travaux scientifiques du Parc national de Port Cros 9:149–151
252. Pourtant, J. (1996). *Papillons et mites de Grande-Bretagne et d'Europe* . Éditeurs HarperCollins.
253. Quintana-Ascencio Pedro F., Weekley Carl W., Menges Eric S, Comparative demography of a rare species in Florida scrub and road habitats,Biological Conservation,Volume 137, Issue 2,2007,Pages 263-270,ISSN 0006-3207, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.02.009>.
254. Radford, I. J., Dickman, C. R., Start, A. N., Palmer, C., Carnes, K., Everitt, C., ... & Thomson, A. (2014). Mammals of Australia's tropical savannas: A conceptual model of assemblage structure and regulatory factors in the Kimberley region. *PloS one*, 9(3), e92341.
255. Ramade, F., & Baylé, J. D. (1984). Adaptation of the adrenocortical response during repeated stress in thalamic pigeons. *Neuroendocrinology*, 39(3), 245-250.
256. Ramírez Fuentes-, A.; Salas-Eljatib, C.; González, M.E.; Urrutia-Estrada, J.; Arroyo-Vargas, P.; Santibáñez, P. Initial response of understory vegetation and tree regeneration to a mixed-severity in old-growth Araucaria-Nothofagus forests. *Appl. Veg. Sci.* 2020, 23, 210–222.
257. Ratsiatosika O.H., 2018 - Vers de terre et services écosystémiques en riziculture
258. Remini L, Moulai R. 2015. Diversity and structure of butterfly populations in agro-ecosystems of Mitidja (Algeria). *Zoology and Ecology* 25(4): 355-364. DOI : <https://doi.org/10.1080/21658005.2015.1090119>

- 259.** Retana, J., Maria Espelta, J., Habrouk, A., Luis Ordoñez, J., & de Solà-Morales, F. (2002). Modèles de régénération de trois pins méditerranéens et changements forestiers après un grand incendie dans le nord-est de l'Espagne. *Écoscience*, 9 (1), 89-97.
- 260.** Ries L, TD Sisk. Les effets de bord papillon sont prédits par un modèle simple dans un paysage complexe (*Ecologie*, 156 (1) (2008), p. 75 - 86, 10.1007/s00442-008-0976-3).
- 261.** Rija, AA Les caractéristiques de l'habitat local déterminent la diversité des papillons et la structure de la communauté dans une forêt menacée de la gorge de Kihansi, dans les montagnes du sud d'Udzungwa, en Tanzanie. *Ecol Process* 11, 13 (2022). <https://doi.org/10.1186/s13717-022-00359-z>
- 262.** Robineau R. 2007. Guide des papillons nocturnes de France, Paris. Ed. Delachaux et Niestlé
- 263.** Rocchini D, Balkenhol N, Carter G. A, Foody G. M, Gillespie T. W, He K. S, Kark S, Levin N, Lucas K, Luoto M, Nagendra H, Oldeland J, Ricotta C, Southworth J, and Neteler M. 2010. Remotely sensed spectral heterogeneity as a proxy of species diversity: Recent advances and open challenges. *Ecological Informatics* 5(5): 318–329. DOI : <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoinf.2010.06.001>
- 264.** Rodier, J. (2005). L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème Edition DUNOD technique. Paris, 1008-1043.
- 265.** Ruchin, AB, Egorov, LV, MacGowan, I. et al. Ensematofaune post-incendie explorée par les pièges fermentaires de couronne dans les forêts de la Russie européenne. *Sci Rep* 11, 21334 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00816-3>
- 266.** RUELLAN, Alain. Des sols et des hommes : Un lien menacé. Nouvelle édition [en ligne]. Marseille : IRD Éditions, 2010 (généré le 02 janvier 2023). Disponible sur Internet : <<http://books.openedition.org/irdeditions/8293>>. ISBN : 9782709918459. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.8293>.
- 267.** Rumana Yasmin, Aparna Das, Liton Jude Rozario, Md. Ezharul Islam, Butterfly detection and classification techniques: A review, *Intelligent Systems with Applications*, Volume 18, 2023, 200214, ISSN 2667-3053, <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2023.200214>.
- 268.** Saad A, Bounaceur F. 2018. Diversity of Lepidoptera (Rhopalocera) in natural and modified habitats of Bousaâda, Algeria. *World Journal of Environmental Biosciences*, 7(1) :79-83. DOI : <http://www.environmentaljournal.org/>

- 269.** Saarinen K, Valtonen A, Jantunen J, Saarnio S. 2005 .Butterflies and diurnal moths along road verges: Does road type affect diversity and abundance?
- 270.** Saidi A. (2013) : Contribution à l'étude de la relation fleurs-papillons de jours au Parc National de Gouraya (Bejaia) : Mémoire de Magister. Université Abderrahmane Mira de Bejaia. 68p.
- 271.** Sala, OE, Stuart Chapin, FIII, Armesto, JJ, Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., ... & Wall, DH (2000). Scénarios de biodiversité mondiale pour l'année 2100. *science* , 287 (5459), 1770-1774.
- 272.** Samraoui B.1998. Status and seasonal patterns of adult Rhopalocera in north-eastern Algeria. *Nachrichten des Entomologischen Vereins Apollo (NF)* 19: 285-298.
- 273.** Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological conservation*, 232, 8-27.
- 274.** Saragoni, H., Poss, R., Marquette, J. et Latrille, E. (1992). Fertilisation et succession des cultures vivrières au Sud du Togo : synthèse d'une expérimentation de longue durée sur terres de barre.
- 275.** Schlegel .J, G. Breuer , R. Rupf .Les insectes locaux comme espèces phares pour favoriser la conservation de la nature ? Une enquête auprès des enfants du primaire sur leurs attitudes envers les invertébrés *Anthrozoos* , 28 ( 2 ) ( 2015 ) , p. 229 - 245 ,10.1080/08927936.2015.1143539
- 276.** Schlegel, J., & Hofstetter, A. (2021). Papillons des prairies humides fragmentées dans les forêts de plaine d'Europe occidentale : effets de la végétation, de la connectivité et de la taille des parcelles. *Acta Oecologica* , 110 , 103691.
- 277.** Schoumans, OF, Chardon, WJ, Bechmann, ME, Gascuel-Odoux, C., Hofman, G., Kronvang, B., ... & Dorioz, JM (2014). Options d'atténuation pour réduire les pertes de phosphore du secteur agricole et améliorer la qualité des eaux de surface : un examen. *Science de l'environnement total* , 468 , 1255-1266.
- 278.** Schowalter, T. D., & Lowman, M. D. (1999). Forest herbivory: insects. *Ecosystems of the world*, 253-270.
- 279.** Schowalter, TD, Pandey, M., Presley, SJ, Willig, MR et Zimmerman, JK (2021). Les arthropodes ne sont pas en déclin mais réagissent aux perturbations dans la forêt expérimentale de Luquillo, à Porto Rico. *Actes de l'Académie nationale des sciences* , 118 (2), e2002556117.

- 280.** Schultz, CB et Crone, EE (1998). Brûler la prairie pour restaurer l'habitat des papillons : une approche de modélisation des compromis de gestion pour le bleu de Fender. *Restauration écologique* , 6 (3), 244-252.
- 281.** Settele, J., Shreeve, T., Konvička, M. et Dyck, HV (2009). *Ecologie des papillons en Europe* . La presse de l'Universite de Cambridge.
- 282.** Smith, R.S., Shiel, R.S., Millward, D., Corkhill, P., 2000. The interactive effects of management on the productivity. *Journal of Applied Ecology* 37, 1029–1043.
- 283.** Soltner D., 1981. Phytotechnie générale: les bases de la production végétale: le sol, le climat, la plante. Tome 1: Le sol, 10eme édition. Sciences et Techniques agricoles, Angers, France
- 284.** Staab, M., Gossner, M.M., Simons, N.K. et al. Insect decline in forests depends on species' traits and may be mitigated by management. *Commun Biol* 6, 338 (2023). <https://doi.org/10.1038/s42003-023-04690-9> <https://www.nature.com/articles/s42003-023-04690-9#citeas>
- 285.** Steffan-Dewenter, I., Tschardtke, T., 2000 Structure de la communauté des papillons dans les habitats
- 286.** Stein, K., Rosche, C., Hirsch, H., Kindermann, A., Köhler, J., & Hensen, I. (2014). The influence of forest fragmentation on clonal diversity and genetic structure in *Heliconia angusta*, an endemic understorey herb of the Brazilian Atlantic rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, 30(3), 199-208.
- 287.** STERRY P. et MACKAY A., 2006- Papillons. Ed. Larousse, Hong Kong, 224 p.
- 288.** Stork, NE, McBroom, J., Gely, C. et Hamilton, AJ (2015). De nouvelles approches réduisent les estimations mondiales des espèces de coléoptères, d'insectes et d'arthropodes terrestres. *Actes de l'Académie nationale des sciences* , 112 (24), 7519-7523.
- 289.** Sushko, G. (2022). Évaluation de la diversité des papillons et de leur réponse à l'état de l'habitat dans les tourbières vierges du Bélarus. *Journal pour la conservation de la nature* , 69 , 126250.
- 290.** Swengel, A. B. (2001). A literature review of insect responses to fire, compared to other conservation managements of open habitat. *Biodiversity & Conservation*, 10, 1141-1169.
- 291.** Szabolcs S, Robert T. 2016. Two new butterfly species (Lepidoptera:Rhopalocera) from Mount Cameroon, Gulf of Guinea Highlands,

Cameroon. Zootaxa 4150 (2) : 123–132. DOI :  
<http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.4150.2.2>

292. Tarrier M, Delacre R, J. 2008. Les papillons de jour du Maroc. Guide d'identification et de bio-indication, Paris.
293. Tennent, J. 1996. The Butterflies of Morocco, Algeria and Tunisia, England.
294. TERRASSE J.-F. et TODISCO M., 1991- Les papillons. Ed. WWF International copyright, Paris, N° 45 : 35p.
295. Tomas, F. (1977). *Annaba et sa région: organisation de l'espace dans l'extrême-Est algérien* . Université de Saint-Étienne.
296. Thomas, C.D. & Hanski, I. 2004. Metapopulation dynamics in changing environments: butterfly responses to habitat and climate change. In: Hanski, I. & Gaggiotti, O.E. (eds.), *Ecology, genetics and evolution of metapopulations*. Elsevier Academic Press, San Diego. pp. 489-514.
297. Thomas, CD (2000). Dispersion et extinction dans des paysages fragmentés. *Actes de la Royal Society de Londres. Série B : Sciences biologiques* , 267 (1439), 139-145.
298. Thompson, K., Austin, KC, Smith, RM, Warren, PH, Angold, PG et Gaston, KJ (2003). Jardins domestiques urbains (I) : Mise en contexte de la diversité végétale à petite échelle. *Journal of Vegetation Science* , 14 (1), 71-78.
299. Tillier, S. (2011). *Gérer durablement la forêt méditerranéenne: exemple du parc naturel régional des Alpilles* (Doctoral dissertation, Université du Maine).
300. Tinner, W., Conedera, M., Ammann, B. et Lotter, AF (2005). Écologie des incendies au nord et au sud des Alpes depuis la dernière période glaciaire. *L'Holocène* , 15 (8), 1214-1226.
301. Tolman T, R Lewinton. 1999. *Guide des Papillons d'Europe et d'Afrique du Nord*, Paris.
302. Toubal, O. (1986). *Phytoécologie, biogéographie et dynamique des principaux groupements végétaux du massif de l'edough (Algérie nord-orientale) cartographie à 1/25000* (Doctoral dissertation, Grenoble).
303. Toubal, O., Boussehaba, A., Toubal, A., & Samraoui, B. (2014). Biodiversité méditerranéenne et changements globaux : cas du complexe de zones humides de Guerbès-Senhadja (Algérie). *Physio-Géo. Géographie physique et environnement* , (Tome 8), 273-295.

- 304.** Toubal-Boumaza, O. (1986). Phytoécologie, biogéographie et dynamique des principaux groupements végétaux du massif de l'Edough (Algérie Nord orientale). *Cartographie au*, 1(25), 000.
- 305.** Trabaud, L. (1989). *Les feux de forêts: mécanismes, comportement et environnement*. France-sélection.
- 306.** Trabaud, L., & Oustric, J. (1989). Comparaison des stratégies de régénération après incendie chez deux espèces de ciste. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 44(1), 3-13.
- 307.** Trabaud, L., & Prodon, R. (Eds.). (2002). *Fire and biological processes*. Backhuys.
- 308.** Tschardtke, T., Tylianakis, JM, Rand, TA, Didham, RK, Fahrig, L., Batáry, P., ... & Westphal, C. (2012). Modération paysagère des schémas et processus de la biodiversité-huit hypothèses. *Revue biologique*, 87 (3), 661-685.
- 309.** Tudor, O., Dennis, RLH, Greatorex-Davies, JN et Sparks, TH (2004). Préférences florales des papillons des bois au Royaume-Uni : les spécialistes du nectar sont des espèces dont la conservation est préoccupante. *Conservation biologique*, 119 (3), 397-403.
- 310.** Turco, M., von Hardenberg, J., AghaKouchak, A., Llasat, MC, Provenzale, A., & Trigo, RM (2017). Sur le rôle clé des sécheresses dans la dynamique des feux d'été en Europe méditerranéenne. *Rapports scientifiques*, 7 (1), 1-10.
- 311.** Turner, B. L., & Romero, T. E. (2010). Stability of hydrolytic enzyme activity and microbial phosphorus during storage of tropical rain forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(3), 459-465.
- 312.** Ueda, S., Komatsu, T., Itino, T. *et al.* Spécificité hôte-fourmi des grands papillons bleus en voie de disparition (*Phengaris* spp., Lepidoptera : Lycaenidae) au Japon. *Sci Rep* 6, 36364 (2016). <https://doi.org/10.1038/srep36364>
- 313.** Van Halder I, Barbaro L, And Jactel H. 2011. Conserving butterflies in fragmented plantation forests: are edge and interior habitats equally important? *J. Insect Conserv*, 15:591–601. DOI : <http://dx.doi.org/10.1007/s10841-010-9360-9>
- 314.** van Halder. Conservation des communautés de papillons dans les paysages forestiers en mosaïque : effets de la qualité, de la diversité et de la fragmentation des habitats. Sciences de la vie [q-bio]. Université de Bordeaux, 2017. Anglais. ffNNT : ff.fftel-02787137ff

- 315.** Van Swaay C , Regan E, Ling M, Bozhinovska E, Fernandez M , Marini-Filho, OJ, Huertas B, Phon CK, K”orösi A, Meerman J, Pe’er G, Uehara-Prado M, Sáfián S, Sam L, Shuey J, Taron D, Terblanche R , and Underhill L. 2015. Guidelines for standardised global butterfly monitoring. Group on earth observations biodiversity observation network leipzig Germany. GEO BON Technical Series 1 : 32pp.
- 316.** Van Swaay, C., Warren, M., & Lois, G. (2006). Biotope use and trends of European butterflies. *Journal of Insect Conservation*, 10, 189-209.
- 317.** van Swaay, Tzirkalli, E., Verovnik, R., Warren, MS, Wynhoff, I., Roy, DB, 2020. Évaluation des papillons en Europe - Indicateurs de papillons 1990-2018. Rapport technique. Butterfly Conservation Europe, ABLE/eBMS, Wageningen.
- 318.** Véla, E., & Benhouhou, S. (2007). Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *Comptes rendus biologiques*, 330(8), 589-605.
- 319.** VENNETIER M.,2004-Incendies de forêt :bilan des connaissanceset des besoinspour la recherche et l’action.Revue forêt méditerranéenne t. XXV, n° 4,14p(323-337)
- 320.** Viedma, O., Moreno, JM et Rieiro, I. (2006). Interactions entre l'utilisation des terres/changement d'occupation des sols, les incendies de forêt et la structure du paysage dans la Sierra de Gredos (Centre de l'Espagne). *Conservation de l'environnement* , 33 (3), 212-222.
- 321.** Viljur M.-L, A. Tiitsaar , M. Gimbutas , A. Kaasik , D. Valdma , E. Õunap , T. Tammaru , T. Teder Conservation des papillons des bois dans les forêts aménagées : les facteurs locaux et paysagers sont importants Pour. *Écol. Gérer.* , 462 ( 2020 ) , p. 118002 ,10.1016/j.foreco.2020.118002
- 322.** Villenave, C., Chauvin, C., Henaux, M., & Trap, J. (2022). Impact des pratiques agricoles sur l'état biologique du sol: SIPANEMA, un outil d'aide à la décision basé sur les nématodes. *Etude et Gestion des Sols*, 29, 199-209.
- 323.** Walter Christian, Bispo Antonio, Chenu Claire, Langlais Alexandra,. Schwartz Christophe C. Les services écosystémiques des sols : du concept à sa valorisation. Cahiers Demeter, 15, pp.53-68, 2015.ffhalshs-01137484
- 324.** Walter, C., Bispo A., Chenu C., Langlais-Hesse A., Schwartz C., 2010. Les services

- 325.** Weyenberg, SA, Frelich, LE et Reich, PB (2004). Exploitation forestière versus feu : comment le type de perturbation influence-t-il l'abondance de la régénération de *Pinus strobus* ?.
- 326.** Wix, N., Reich, M. et Schaarschmidt, F. (2019). Richesse et abondance des papillons dans les bandes fleuries et les bordures de champs : le rôle de la qualité de l'habitat local et du contexte paysager. *Helyon* , 5 (5), e01636.
- 327.** Yahi, N., Vela, E., Benhouhou, S., De Belair, G., & Gharzouli, R. (2012). Identifying important plants areas (key biodiversity areas for plants) in northern Algeria. *Journal of threatened taxa*, 2753-2765.
- 328.** Zarim, NASA, & Ahmad, AB (2014). Liste de contrôle de la faune de papillons à Kuala Lompat, réserve faunique de Krau, Pahang, Malaisie. *Journal of Wildlife and Parks* , 28 , 63-72.
- 329.** Zellweger, F. et al. La dynamique du microclimat forestier détermine les réponses des plantes au réchauffement. *Sciences* **368** , 772–775 (2020).
- 330.** Zenner, EK, Peck, JE, Hobi, ML & Commarmot, B. Validation d'un protocole de classification : répondre à l'exigence de prospection et assurer la distinction lors de l'attribution des phases de développement forestier. *Appl. Végé. Sci.* **19** , 541-552 (2016). Zin, AABM ., Khokhar, S., Mokhtar, ASB et Pesaran, M. (2015). Un aperçu complet des applications des techniques de traitement du signal et d'intelligence artificielle dans la classification des perturbations de la qualité de l'énergie. *Revue des énergies renouvelables et durables* , 51 , 1650-1663.
- 331.** Zúñiga-Vásquez, JM, Villanueva-Díaz, J., Cerano-Paredes, J., & Quiñonez-Barraza, G. (2023). Impact de l'historique des incendies sur la structure d'une forêt tempérée dans le nord du Mexique. *Feu* , 6 (1), 19.

## ANNEXES

### ANNEXE 01 : PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DU SOL

#### 1. Normes d'interprétation

**Tableau 01.** Echelle d'interprétation du pH (BAIZE, 1989)

pH eau	< 5,5	5,5 - 6,5	6,5 - 6,8	6,8 - 7,2	7,2 - 7,5	7,5 - 8,5	> 8,5
appreciation	Fortement acide	acide	Très légèrement acide	Voisin de la neutralité	Légèrement alcalin	Alcalin	Fortement alcalin

**Tableau 02.** Classification des sols selon la CE selon l'échelle de DURAND J.H(1983)

Classe	CE en $\mu\text{s/cm}$	Qualité des sols
Classe 1	0 à 500	Non salée
Classe 2	500 à 1000	Légèrement salée
Classe 3	1000 à 2000	Salée
Classe 4	2000 à 4000	Très salée
Classe 5	Plus de 4000	Extrêmement salée

**Tableau 03.** Normes d'interprétation de la matière organique (Soltner, 1981)

Taux de matière organique	Appréciation
1<	Extrêmement faible
1,5 – 1	Très faible
2,5 – 1,5	Faible
3,5 – 2,5	Moyenne
4,5 – 3,5	Moyennement élevée
5 – 4,5	Elevée
5>	Très élevée

**Tableau 04.** Qualification des sols selon leurs taux de la M.O (in Soltner, 1992).

<b>Matière organique</b>	<b>Qualification du sol</b>
<b>&lt; 1.4</b>	Très pauvre en M.O
<b>1.4 &lt; M.O &lt; 2</b>	Pauvre en M.O
<b>2 &lt; M.O &lt; 3</b>	Argile < 22 %      Bien pourvu en M.O
	22 % < Argile < 30 %      Moyennement pourvu
	Argile > 30 %      Pauvre en M.O
<b>3 &lt; M.O &lt; 4</b>	Sol bien pourvu en M.O
<b>M.O &gt; 4</b>	Teneur élevée en M.O