



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



REPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR

- ANNABA -

جامعة باجي مختار

- عنابة -

FACULTÉ DES SCIENCES

DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

Laboratoire de Recherche : Sols et Développement Durable

Thèse En vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biologie Végétale

**Intitulé**

« Les relations sol végétation dans les mares temporaires et les massifs forestiers du Nord Est Algérien (Cas de Oued Zhor) »

**Présentée par : Mr. ALI TATAR Braham**

**Directeur de thèse : BENSLAMA Mohamed (Pr. Université Badji Mokhtar - Annaba)**

**Devant un jury composé de :**

Pr. BELABED Adnène Ibrahim	Président	Université Badji Mokhtar – Annaba
Pr. ALLIOUA Youcef	Examineur	Université Ghardaia.
Dr. BELOUAHEM Djamila	Examinatrice	INREF –El-Kala
Dr. KETIF Amel.	Examinatrice	Université Badji Mokhtar – Annaba
Dr. AMOURA Mounia	Examinatrice	Université Chadli Bendjedide – El-Taref

Soutenue le 08/01/2026

# ⌘ Dédicace ⌘

*A la mémoire de ceux qui ne sont plus avec nous*

*Mon père Kamel,*

*Mon oncle Monsour, auxquels je dois tout*

*Mon frère Ghanou, qui nous a quitté très tôt.*

*Ma mère qui m'a donné l'aide, le courage et la foi pour accomplir ce travail.*

*Qu'elle trouve ici toute ma considération.*

*A ma femme, pour tous ses encouragements.*

*Ma sœur*

*Mes frères*

*Mes enfants : Abedelghani, youcef et chahine.*

*Mes nièces et mes neveux*

*Braham*

# ⚡ Remerciements ⚡

À Dieu le tout puissant, sans sa miséricorde, ce travail n'aurait jamais pu voir le jour.

Ma première pensée va tout naturellement à mon directeur de thèse **Benslama Mohamed**, Je serai toujours reconnaissant envers lui, qui m'a donné l'occasion de faire cette thèse. Je le remercie pour la confiance qu'il m'a témoignée en me confiant ce travail. Qui m'a permis de découvrir le monde passionnant des sols et paléopalynologie. Son écoute et ses conseils avisés et son indulgence qui m'ont à de multiples reprises remonté le moral!... Qui a toujours répondu présent à mes attentes. Merci pour sa grande chaleur humaine et pour sa disponibilité. Mes sincères remerciements s'adressent aux membres de jury qui ont bien voulu accepter de lire et juger ce travail.

Au terme de ce travail, Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à **Mr BELABED Adnène Ibrahim**, Professeur à l'université Badji Mokhtar d'Annaba, qui a bien voulu m'honorer sans équivoque en présidant ce jury, Je voudrais lui témoigner ma sincère reconnaissance et le remercier vivement de l'intérêt et de la contribution qu'il a portée à ce travail de même mes remerciements vont également aux membres examinateurs tous passionnés de l'écologie végétale et les sciences des sols:

**Mr Youcef ALLIOUA** Professeur à l'Université Ghardaia, a accepté de participer en tant que membre examinateur du jury pour juger ce travail. Je tiens à lui exprimer mes vifs remerciements.

**Mme BELOUAHEM Djamilia**, Directrice de recherche à l'Institut National de Recherche Forestière d'El-Kala, d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail, Je la remercié vivement; J'adresse ensuite mes plus sincères remerciements à Madame **KETIF Amel** Maitre de conférences à l'université d'Annaba, ainsi qu'à Madame **AMOURA Mounia**, Maitre de conférences à l'université d'El Taref pour avoir accepté de juger ce travail, malgré leurs multiples préoccupations.

J'adresse mes vifs remerciements à Mr **Hamel Tarek**, Professeur à l'Université Badji Mokhtar de Annaba, qui m'a fait bénéficier de son expérience sur l'identification d'un nombre très important d'espèces végétales et surtout l'aide qu'il a portée pour l'écriture du manuscrit. Je le remercie pour ses encouragements et son soutien précieux tout au long de la préparation de cette thèse, malgré ses nombreuses occupations. J'espère qu'il trouvera ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Mes sincères remerciements s'adressent également aux amis et collègues qui ont contribué à la réalisation de ce travail :

**Mr MECHENTEL El hadi** maitre-assistant « A » à l'ISAV-Taoura, université -Souk Ahras- d'avoir consacré du temps afin de m'aider à réaliser les cartes numériques de ce travail.

**Mr Badouna bahaedinne** Maitre de conférences à l'ISAV-Taoura, université -Souk Ahras, un ami et compagnon pour le chemin du travail, de m'avoir aidé à la réalisation de ce travail ainsi que ses conseils et orientations.

**M<sup>lle</sup> TOUATI Leila**, Maitre de conférences à l'ISAV-Taoura, université -Souk Ahras, sœur et amie je te remercie pour ton acharnement sans répit déployé durant ces années pour l'aide fournie, merci ma sœur.

Je tiens à remercier les personnes qui m'ont aidé et soutenu durant mes sorties : Mr

**BOUCHERCHE Kamel** agriculteur et exploitant forestier pour son aide, ainsi que Belkacem et Nacer mes guides dans les sorties en montagnes et Nourdine.

Je tiens également à remercier profondément l'ensemble des collègues et amis du Laboratoire de Recherche « Sols et développement durable » de l'Université Badji Mokhtar Annaba qu'il m'est impossible de tous les citer tant ils sont nombreux (**Meriem, Ouafa, Zahra, ...**) pour les conseils et les services qu'ils m'ont apportés, leurs encouragements et surtout leur amitié qu'ils m'ont témoignée, sans oublier l'équipe qui a participé à l'échantillonnage Chekchaki Samir et Zaafour Mohamed Djalil.

A mes amis.

Enfin, je remercie affectueusement toute ma famille, en particulier ma mère, ma femme et mes enfants et ma sœur et mes frères qui n'ont pas cessé de me soutenir durant toutes ces dernières années.

# *RÉSUMÉS*

## ملخص

خضعت المناطق الرطبة والكتل الغابية للقبائل الصغرى الشرقية (شمال شرق الجزائر) بين عامي 2016 و2022، لدراسات منهجية شملت التحليل الفيزيائي والكيميائي للتربة، والجرد النباتي، ودراسات حُبِّيَّاتِ الطلع (التحليل الحُبِّيَّي لحبوب الطلع). وقد أظهرت تحاليل الرواسب المأخوذة من البرك المؤقتة، عين صلحات وأورال، أن التربة تتسم بنسيج طيني-رملّي، طميي-رملّي ورملّي، بين الحمضية و الحمضية الخفيفة، مع قيم تضم النباتات الوعائية لمنطقة الدراسة 199 نوعاً نباتياً، من بينها 13 نوعاً مستوطناً. ونتج عن الجرد النباتي للبركنين الخثيين إلى توثيق وجود 174 تصنيفاً نباتياً: 119 تصنيفاً تم تسجيله في بركة أورال و109 تصنيفات في مارة عين صلحات.

أما التحليل الحُبِّيَّي للطلع لرواسب السطح فقد مكن من تحديد 56 تصنيفاً نباتياً. في بركة عين صلحات، حيث هيمنت الأنواع الشجرية على تجمع حبوب الطلع بنسبة (44.7%)، تلتها الأنواع العشبية (28.7%)، ثم الأنواع الشجيرية (23%)، وهو ما يعكس تموضع البركة داخل بيئة غابية كثيفة على النقيض، أظهرت بركة أورال هيمنة الأنواع العشبية بنسبة (43.4%)، تليها الأنواع الشجرية (32.2%) ثم الشجيرية (حوالي 21%). تُقدَّر مساهمة البيانات الحُبِّيَّية للطلع في إثراء المعرفة بالنباتات الحالية بنسبة 21.26%. وقد تم تحديد ما مجموعه 186 نوعاً نباتياً باستخدام الطريقتين معاً، من ضمنها 12 نوعاً لم يتم رصده إلا عبر التحليل الحُبِّيَّي للطلع. تُبرز هذه النتائج الطابع التكميلي لكل من الدراسة النباتية والتحليل الحُبِّيَّي في فهم التنوع النباتي الحالي وديناميكيات الأنظمة البيئية.

**الكلمات المفتاحية:** القبائل الصغرى الشرقية (شمال شرق الجزائر)، بركة مؤقتة، كتلة غابية، إيكولوجيا النبات، تحليل الرواسب، علم البيئة القديمة، تفاعلات التربة والنبات

## **Abstract**

Between 2016 and 2022, the wetlands and forest massifs of the little eastern Kabylia region (North-eastern Algeria) were systematically investigated through physicochemical soil analyses, floristic surveys, and palynological studies. Sediment analyses from two peat-forming ponds, Ain Salhat and Aoural, indicated soils predominantly characterized by clay-sandy, silt-sandy, and sandy textures, with pH values ranging from acidic to slightly acidic. The vascular flora of the study area comprises 199 species, including 13 endemic taxa. The floristic survey of the two peat ponds documented a total of 174 taxa: 119 taxa were recorded at Aoural and 109 at Ain Salhat. Surface sediment pollen analysis revealed 56 taxa. At Ain Salhat pond, arboreal taxa dominated the pollen assemblage (44.7%), followed by herbaceous species (28.7%) and shrubs (23%), reflecting the pond's location within a densely forested environment. In contrast, at Aoural pond, herbaceous taxa were predominant (43.4%), followed by arboreal (32.2%) and shrub taxa (approximately 21%). The contribution of palynological data to the knowledge of the current flora is estimated at 21.26%. In total, 186 species were identified using both floristic and palynological methods, with 12 taxa exclusively detected through pollen analysis. These findings highlight the complementary nature of floristic and palynological approaches in accurately characterizing contemporary plant diversity and ecological dynamics.

**Keywords:** Eastern Kabylia (North-eastern Algeria), temporary pond, forest massif, phytoecology, sediment analysis, paleoecology, soil-vegetation interactions.

## Résumé

Les milieux humides et les massifs forestiers de la petite Kabylie orientale (Nord Est d'Algérie) ont fait l'objet d'une caractérisation physico-chimique des sols, d'inventaires floristiques et d'analyses polliniques durant six années (2016-2022). Les analyses effectuées sur les sédiments des deux mares tourbeuses (Ain Salhat et Aoural) ont permis de démontrer que les sols ont une texture à dominance sableux-argileuse et sableux-limoneuse respectivement avec des pH acides. La flore vasculaire de la région d'étude est composée de 199 espèces dont 13 sont endémiques. Ainsi, l'étude floristique de deux plans d'eau tourbeux a révélé l'existence de 174 taxa dont 119 taxa pour la mare Aoural et 109 taxa pour la mare Ain Salhat. L'analyse pollinique de sédiments de surface de ces deux mares a permis d'identifier 56 taxons. Dans la mare de Ain Salhat, les pourcentages des taxons des arborées dominant cet assemblage, atteignant un taux de (44,7 %), suivis par les herbacées (28,7%) et enfin les arbustives avec (23%), ceci est dû à la position de la mare dans un milieu forestier boisé. D'autre part dans la mare Aoural, les herbacées dominant ces spectres (43,4%), suivies des arbres qui sont de l'ordre (32,2%) et enfin les arbustes environ (21%).

L'apport de l'analyse pollinique à la connaissance de la flore actuelle de deux mares étudiées est de 21,26%. Au total, 186 espèces ont été recensées grâce à ces deux méthodes, dont 12 espèces ont été observées seulement dans le spectre pollinique. L'étude floristique et l'analyse pollinique sont donc deux méthodes d'étude qui se complètent.

**Mot clés:** Kabylie orientale (Nord-Est algérien), mare temporaire, massif forestier, phytoécologie, sédiment, paléoécologie, sol-végétation.

## Table des matières

ملخص.....	II
Abstract .....	III
Résumé .....	IV
Table des matières .....	V
Liste des sigles et des acronymes.....	IX
Liste des figures .....	X
Liste des tableaux .....	XI
Introduction générale.....	1
<b>I. 1. Les zones humides.....</b>	<b>6</b>
<b>I. 2. Évolution des définitions des zones humides.....</b>	<b>6</b>
<b>I. 3. Les sols des zones humides.....</b>	<b>7</b>
3.1. Morphologie des sols des zones humides.....	7
3.1.1. Les traits rédoxiques .....	7
3.1.2. Les traits réductiques .....	7
3.1.3. Les traits histiques.....	7
3.1.4. Les traits rédoxiques .....	7
<b>I. 4. Généralités sur les mares temporaires.....</b>	<b>8</b>
4.1. Définition.....	8
4.2. Origine des mares temporaires .....	8
4.2.1. Origine naturelle .....	8
4.2.2. Origine artificielle .....	9
<b>I. 5. Bref aperçu sur la flore en Algérie.....</b>	<b>9</b>
5.1. Diversité et endémisme .....	9
5.2. Flore des régions arides et steppiques .....	9
5.3. Flore des îles et zones protégées.....	9
<b>I. 6. Les facteurs influençant sur la dégradation du milieu naturel .....</b>	<b>10</b>
6.1. Facteurs climatiques .....	10
6.2. Facteurs édaphiques.....	10
6.3. Facteurs anthropiques .....	10
6.4. Facteurs de régression des forêts .....	11
<b>I. 7. Les types de sols .....</b>	<b>11</b>
7.1. Les sols zonaux:.....	11
a.Sols Oxyhumiques .....	11
b.Sols Insaturés Acides .....	11

c.Sols Insaturés .....	12
d.Sols Décalcifiés.....	12
7.2. Les sols azonaux (ou endodynamomorphes).....	12
7.3. Les sols intrazonaux .....	13
<b>I. 8. Analyse pollinique des sédiments .....</b>	<b>14</b>
8.1. Aperçu historique sur l'analyse pollinique .....	14
8.2. Les différents champs d'applications .....	14
<b>II. 1. Cadre physique de la région d'étude.....</b>	<b>16</b>
1.1. Situation biogéographique, géographique et administrative de la région d'étude .....	16
1.2. Cadre géologique.....	17
1.3. Pédologie .....	18
1.4. Cadre géomorphologique et hydrographique .....	20
1.5. Le régime pluviométrique .....	21
1.6. Température.....	22
<b>II. 2. Méthodologie .....</b>	<b>23</b>
2.1. Etude pédologique .....	23
2.2. Caractéristiques physico-chimiques des sols.....	24
2.2.1. pH <sub>eau</sub> .....	24
2.2.2. Le pH <sub>KCl</sub> .....	24
2.2.3. Conductivité électrique .....	24
2.2.4. Matière organique (MO).....	24
2.2.5. Le carbone organique.....	24
2.2.6. Humidité hygroscopique.....	24
2.2.7. Granulométrie .....	24
<b>II. 3. Etude floristique .....</b>	<b>25</b>
3.1. Méthodes d'échantillonnage.....	25
3.2. Identification, Indice d'abondance et répartition des espèces .....	25
3.3. Codification des données.....	26
3.3.1. Codage des espèces.....	26
3.3.2. Codification des données environnementales.....	26
3.4. Types biogéographiques et biologiques .....	27
3.4.1. Taxons patrimoniaux .....	27
3.5. Traitements numériques des données floristiques .....	27
3.6. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC).....	28
3.7. Analyse Canonique des Correspondances (ACC).....	28

3.8. Distribution potentielle 3D .....	28
3.9. Indice de similarité de Sorensen .....	29
3.10. Analyse en Composantes Principales (ACP).....	29
3.11. Corrélation de Pearson.....	29
<b>II. 4. Etude pollinique .....</b>	<b>29</b>
4.1. Extraction du matériel sporo-pollinique .....	30
<b>1.1. Introduction .....</b>	<b>32</b>
<b>III.2. Diversité des zones humides.....</b>	<b>33</b>
2.1. Les mares temporaires .....	33
<b>III.3. Résultats .....</b>	<b>33</b>
3.1. Diversité floristique .....	33
3.2. Diversité biologique .....	41
3.3. Diversité biogéographique.....	42
3.4. Valeur patrimoniale des taxons étudiés .....	43
<b>III.4. Discussion .....</b>	<b>46</b>
4.1. Composante floristique, biologique et chorologique.....	46
<b>III. 5. Conclusion .....</b>	<b>47</b>
<b>IV. 1. Introduction.....</b>	<b>49</b>
<b>IV.2. Résultats et Discussion.....</b>	<b>50</b>
2.1. Caractérisations morpho-analytiques des sols .....	50
2.1.1. Station : 01 – Anchid (Profil N : 01) Forêt mixte .....	50
2.1.2. Station : 02 – Ouled Djabalah (Profil N : 02) Forêt de chêne liège.....	51
2.1.3. Station : 03 – Sandjak (Profil N : 03) Forêt de chêne liège mixte.....	52
2.1.4. Station : 04 –Khneg el mayou (Profil N : 04) pinède (Pin maritime).....	53
2.1.5. Station : 05 – mare Aoural (Profil N : 05) végétation type aulnaie-ormaie-saussaie à <i>Alnus glutinosa</i> .....	54
2.1.6. Station : 06 – mare Ain Salhat (Profil N : 06) végétation type aulnaie-chênaie- zenaie. ....	56
<b>IV.3. Discussion .....</b>	<b>58</b>
<b>IV.4. Relation entre les variables environnementales étudiés et les paramètres du sol... 59</b>	<b>59</b>
<b>IV.5. Conclusion .....</b>	<b>60</b>
<b>V.1. Introduction .....</b>	<b>63</b>
<b>V.2. Résultats et Discussion .....</b>	<b>64</b>
2.1. Composition de la flore .....	64
2.2. Diversité biologique .....	74
2.3. Diversité biogéographique.....	76

2.4. Analyse canonique des correspondances flore/environnement .....	78
2.5. Analyse factorielle des correspondances .....	80
2.6. Classification hiérarchique des correspondances .....	83
2.7. L'analyse factorielle des correspondances (AFC).....	84
2.8. Relation entre la richesse floristique et les variables étudiées.....	85
2.9. Relation entre les variables environnementales étudiés .....	87
2.10. Distribution potentielle 3D des composants du sol en fonction de la riche botanique	88
2.11. Analyse en composantes principales (ACP) de Pearson .....	89
Interprétation de l'ACP de Pearson.....	91
1. Explication de la variance .....	91
2. Contribution des variables aux composantes principales .....	91
3. Analyse des groupes d'échantillons .....	91
<b>Groupes identifiés par l'ACP</b> .....	92
<b>Interprétation des groupes</b> .....	92
<b>V.3. Conclusion</b> .....	<b>92</b>
<b>VI.1. Les relations sol-végétation</b> .....	<b>94</b>
<b>VII.1 Etude pollinique</b> .....	<b>99</b>
1.1. Spectre pollinique des deux mares .....	99
1.2. Diagramme pollinique des deux mares .....	101
1.3. Approche écologique de la pluie pollinique actuelle.....	103
1.4. Relation pollen-végétation.....	103
<b>VII.2. Conclusion</b> .....	<b>105</b>
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>107</b>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>110</b>
<b>Annexe 1 : Végétation et Pollen</b> .....	<b>130</b>
<b>Annexe 2 : Géolocalisation</b> .....	<b>134</b>

## Liste des sigles et des acronymes

**°C** : Degrés Celsius

**μS/cm** : microsiemens par centimètre

**CE** : Conductivité électrique

**Ch** : Chaméphyte

**CO** : carbone organique

**End** : Endémique

**Esp** : Espagne

**Géo** : Géophyte

**ha** :Hectar

**Hém** : Hémicryptophyte

**Hydr**: Hydrophyte

**Itl** : Italie

**J.O.R.A** : Journal Officiel de la République Algérienne

**M.O.** : Matière organique

**Mar** : Maroc

**Ph** : Phanérophyte

**pH** : potentiel Hydrogène

**R** : Rare

**Th** : Thérophyte

**Tun** : Tunisie

**UICN** : Union internationale pour la conservation de la nature

## Liste des figures

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude.....	17
Figure 2 : Carte Géologique de la région de Skikda .	18
Figure 3 : Cartes des sols .....	20
Figure 4 : Bassin versant de l'oued Zhor.....	21
Figure 5 : Pluviométrie moyenne annuelle 2011-2022 .	22
Figure 6 : Température minimale annuelle 2011-2022 .....	22
Figure 7 : Température maximale annuelle 2011-2022 .....	23
Figure 8 : Spectre biologique global de deux mares étudiées. ....	41
Figure 9: La distribution des types biogéographiques dans les deux mares étudiées.....	43
Figure 10 : a. <i>Euphorbia cuneifolia</i> Guss., b. <i>Viola riviniana</i> Rchb., c. <i>Bellis prostrata</i> Pomel, d. <i>Iris unguicularis</i> Poir., e. <i>Cyclamen africanum</i> Boiss. & Reut, f. <i>Hedera algeriensis</i> Hibberd, g. <i>Euphorbia biumbellata</i> Poir., h. <i>Alterllanthera sessilis</i> (L.) R.Br. ex DC .	45
Figure 11 : Photo d'une carotte pédologique de la mare Ain Salhat .....	56
Figure 12 : Corrélacion entre les paramètres physico-chimiques du sol.....	60
Figure 13 : Les familles recensées dans la région d'étude. ....	64
Figure 14 : Spectre global des types biologiques de la région d'étude .....	76
Figure 15: La distribution des types biogéographiques dans les deux mares étudiées.....	78
Figure 16 : Carte de l'analyse canonique des correspondances .	79
Figure 17 : Dendrogramme des variables de la zone d'étude.....	83
Figure 18 : Dendrogramme des espèces de la zone d'étude.....	84
Figure 19 : Plan factoriel 1/2 de 199 espèces X 25 relevés.....	85
Figure 20 : a : Corrélacion entre la richesse floristique et a : l'altitude ; b : la roche mère ; c : l'exposition ; d : la pente ; e : le recouvrement des ligneuses et f : le recouvrement des herbacées. ....	87
Figure 21 : La relation entre les variables environnementales étudiés.....	88
Figure 22 : La Distribution potentielle 3D des composants du sol en fonction de la richesse botanique .....	89
Figure 23 : Représentation graphique des valeurs propres et de la variance cumulée des composantes principales. ....	90
Figure 24 : Projection des paramètres physico-chimiques du sol des 6 stations étudiées. ....	90
Figure 25 : Diagramme pollinique actuel en pourcentage des deux mares .....	102
Figure 26. a. <i>Iris unguicularis</i> Poir. ; b. <i>Stellaria media</i> (L.) Vill. ; c. <i>Galactites mutabilis</i> Durieu ; e. <i>Sherardia arvensis</i> L. ; f. <i>Geranium molle subsp. molle</i> L.....	130
Figure 27 .g. <i>Allium triquetrum</i> L.; h. <i>Erica arborea</i> L.; i. <i>Linum bienne</i> Mill.;j. <i>Silene gallica</i> L. ;k. <i>Trifolium arvense</i> L. ;l. <i>Hypericum montanum</i> L.....	131
Figure 28 .m. <i>Hypericum androsaemum</i> L.; n. <i>Hyoseris radiata</i> L.; o. <i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth .;p. <i>Polypodium cambricum subsp. cambricum</i> L.;q. <i>Geranium robertianum subsp. purpureum</i> Vi. ;r. <i>Eryngium maritimum</i> L. ....	132
Figure 29 Photos de grain de pollen. ....	133

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste de la flore actuelle des deux mares étudiées (mare Aoural et Ain Salhat)...	34
Tableau 2 : Liste des espèces patrimoniales de la région étudiée. ....	44
Tableau 3 : Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station d'Anchid. ....	50
Tableau 4 : Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station .....	51
Tableau 5 : Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de Sandjak. ....	52
Tableau 6 : Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de .....	53
Tableau 7 : Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la mare Aoural.....	54
Tableau 8 : Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la mare Ain Salhat.....	57
Tableau 9 : Liste des espèces recensées dans le bassin versant d'Oued Zhor .....	65
Tableau 10 : Répartition des espèces par type biologique en %. .....	74
Tableau 11 : Les types biogéographiques en pourcentage dans la zone d'étude .....	76
Tableau 12 : Valeurs propres : .....	90
Tableau 13 : Les fréquences polliniques dans les cinq prélèvements de la surface des deux mares étudiées. NG : nombre de grains comptés ; FP : Fréquence pollinique (en %). ....	100
Tableau 14 : Géolocalisation des stations d'échantillonnages .....	134

# **Introduction**

## **Introduction générale**

La partie orientale de l'Algérie est marquée par une grande hétérogénéité écosystémique dotée d'une richesse biologique inestimable. Cette diversité écosystémique se reflète dans la grande diversité géomorphologique (vallées, plaines, marécages, lacs, dunes, collines etc.), édaphique (sols argileux, sableux, halomorphes et calcaire) et climatique (l'imbrication de divers étages bioclimatiques de la végétation, de l'humide, le subhumide et le semi-aride (Benslama, 2001).

Les zones humides constituent des écosystèmes de transition, à l'interface entre les milieux terrestres et aquatiques, qui jouent un rôle écologique fondamental dans le fonctionnement des paysages. Elles assurent de nombreuses fonctions vitales, telles que la régulation du cycle hydrique, la dépollution naturelle des eaux, le stockage du carbone, tout en hébergeant une biodiversité exceptionnelle, souvent menacée (Mitsch et Gosselink, 2007 ; Ramsar Convention Secretariat, 2010). Parmi ces milieux, les mares temporaires – habitats peu profonds, soumis à un régime hydrologique saisonnier – se distinguent par leur dynamique particulière et leur capacité d'accueil d'espèces spécialisées, à la fois adaptées aux périodes d'inondation et capables de survivre aux phases de dessèchement (Grillas *et al.*, 2004).

Les mares temporaires représentent une composante écologique unique au sein des zones humides méditerranéennes. Leur spécificité réside dans la variabilité marquée et souvent imprévisible de leur cycle hydrologique, qui alterne entre des phases d'inondation et de dessèchement. Cette dynamique saisonnière atypique façonne des conditions écologiques originales, favorisant le développement de communautés biologiques spécialisées et parfois endémiques. De par cette complexité, ces milieux ont suscité, depuis plusieurs décennies, un intérêt croissant de la part des chercheurs, tant pour leur fonctionnement écologique que pour leur rôle dans la conservation de la biodiversité (Grillas *et al.*, 1997).

Le sol représente une composante essentielle dans l'analyse et la compréhension des écosystèmes. Il constitue un véritable carrefour dynamique entre le monde minéral et le monde vivant, assurant un rôle de médiateur entre les éléments abiotiques et la biocénose. Ce milieu complexe est le siège d'interactions physico-chimiques intenses, dont les produits finaux notamment les sels minéraux sont indispensables au développement et au maintien de la vie (Duchaufour, 1977).

La formation et le degré de développement d'un sol dépendent de plusieurs facteurs, parmi lesquels la roche-mère, la topographie et, surtout, les caractéristiques climatiques. Parmi ces dernières, l'eau joue un rôle central, à la fois comme agent de transformation chimique et comme vecteur de transport des éléments nutritifs (Pearce *et al.*, 1994).

La région méditerranéenne est l'un des hauts lieux mondiaux de la biodiversité végétale, abritant environ 25 000 espèces de plantes vasculaires, dont près de la moitié sont endémiques (Quézel, 1995 ; Véla et Benhouhou, 2007). Cette richesse exceptionnelle s'explique notamment par l'adaptation des espèces aux contraintes climatiques, en particulier aux longues périodes de sécheresse estivale caractéristiques du climat méditerranéen. Ce potentiel floristique confère au bassin méditerranéen le troisième rang mondial parmi les 34 hotspots de biodiversité, identifiés à l'échelle de la planète (Myers, 2003), et souligne son importance en tant que carrefour biologique, géologique et culturel d'une grande complexité (Blondel et *al.*, 2010).

Dans ce contexte, l'Algérie, en tant que composante majeure de la façade sud-méditerranéenne, possède un patrimoine végétal remarquable : on y recense 4 449 taxons, dont environ 6,5 % sont endémiques (Dobignard et Chatelain, 2010–2013). L'indice de rareté des plantes endémiques y est particulièrement élevé, avec près de 78 % de ces espèces strictement localisées dans ce territoire. Cependant, cette richesse reste partiellement connue, car de nombreuses zones botaniquement prometteuses n'ont jamais été prospectées de manière systématique, en raison de leur difficulté d'accès ou de leur isolement géographique, alors même qu'elles s'insèrent dans les grands foyers de biodiversité du pays (Véla et Benhouhou, 2007).

Le Nord de l'Algérie recouvre deux points chauds régionaux de biodiversité: (1) le littoral oranais et mostaganemois qui appartient à l'Arc bético-rifain et (2) le Tell oriental qui appartient au point-chaud « Kabylies-Numidie-Kroumirie » (Médail et Quézel 1997; Véla et Benhouhou 2007). Au sein de cette vaste zone sous influence méditerranéenne du nord du pays, 21 puis 39 Zones Importantes pour les Plantes (ZIP) ou « Key Biodiversity Areas (KBA) for plants » ont déjà été recensées (Yahi et *al.* 2012 ; Benhouhou et *al.*, 2018) en attendant d'autres zones complémentaires en cours d'étude (Hamel et *al.*, 2023). Elles sont caractérisées par un ensemble de conditions écologiques variées englobant : zones humides, marais salants, rochers littoraux, dunes côtières, dunes continentales, massifs de forêt et maquis, affleurements rocheux et systèmes rivulaires (Ali Tatar et *al.*, 2023).

Les ZIPs sont définies selon une méthode mise au point en Europe (Anderson, 2002), modifiée par Plantlife (2004) puis adaptée pour les pays de l'Afrique du Nord (Yahi et *al.*, 2012). Pour être qualifiée de zone importante pour les plantes, un site doit satisfaire à un ou plusieurs de ces critères (Redford et *al.*, 2011) :

- le site contient des populations significatives d'une ou plusieurs espèces nécessitant protection sur les plans mondial ou régional (critère a) ;

- le site a une flore exceptionnellement riche dans un contexte régional, par rapport à sa région biogéographique (critère b) ;
- le site est un exemple remarquable d'un type d'habitat ou de végétation d'importance mondiale ou régionale pour la conservation de la flore ainsi que d'une grande importance botanique (critère c).

Localisée à l'Est du pays, la petite Kabylie de Collo (K<sub>2</sub> au sens de la subdivision biogéographique proposée par Quézel et Santa (1962) fait partie du onzième point névralgique «*hot-spot*» régional de biodiversité en Méditerranée, dénommé «Kabylie–Numidie-Kroumirie» (Véla et Benhouhou, 2007). La plaine de Oued Zhor et le canton de Ouled Atia sont situées dans la ZIP de l'Est Algérien (Yahi *et al.*, 2012 ; Benhouhou *et al.*, 2018): la péninsule de Collo à l'Est (wilaya de Skikda = département). Ces dunes ceinturent aussi le lac de Béni Bélaïd, classé site Ramsar. Ces atouts réunis constituent une opportunité pour la région, mais semblent masquer l'importance de l'écosystème dunaire, qui comporte des espèces rares et est pourtant assez dégradé.

Dans la littérature, la région de Collo est connue pour être riche en espèces végétales endémiques et rares (Maire 1952-1987 ; Quézel et Santa 1962-1963). Mais à ce jour, elle demeure peu étudiée, son littoral et sa forêt n'ayant fait l'objet d'aucune recherche floristique ciblée. Pourtant Pomel (1874-1875), Battandier (1888, 1895), Quézel et Santa (1962-1963), citent souvent la région de la petite Kabylie à travers l'endémisme et la rareté de nombreuses espèces. En particulier, ce sont tous des forêts de « Collo » du secteur de petite Kabylie, auquel appartient la région d'étude, qui présentent la plus grande valeur brute en endémisme et richesse floristique (Véla et Benhouhou 2007).

Dans un même cadre climatique, le sol et la végétation forment un système interactif, où chaque composante influence et conditionne l'évolution de l'autre. Le sol, par sa structure, sa composition et sa dynamique, oriente la distribution et la nature des formations végétales (Duchaufour, 1977). Inversement, la végétation participe activement à la modification des propriétés du sol à travers les processus de décomposition, d'humification et d'enrichissement en matière organique. Cette interdépendance, que Duchaufour et Toutain (1985) ont conceptualisée sous la forme de la trilogie sol / humus / végétation, constitue une clé de lecture essentielle pour appréhender le fonctionnement des écosystèmes. Dans ce contexte, l'analyse de la végétation actuelle ne peut être dissociée d'une étude fine des caractéristiques pédologiques, tout comme l'exploration de l'histoire récente des milieux naturels requiert un retour vers les archives du sol.

C'est précisément dans cette perspective qu'intervient l'approche palynologique, qui, à travers l'analyse des pollens préservés dans les sédiments, offre un aperçu fidèle de la composition floristique passée et présente (Lézine, 2008 ; Bui et Girard, 2010). Ces

## *INTRODUCTION GENERALE*

microstructures, résistantes et spécifiques à chaque espèce végétale, se conservent particulièrement bien dans les milieux humides, en conditions anoxiques (Müller, 2005). Cette méthode permet ainsi de reconstituer l'évolution de la végétation, de mettre en lumière les dynamiques écologiques, les variations climatiques, et parfois même les signatures des perturbations anthropiques. Elle vient en complément de l'étude phytoécologique actuelle, en lui apportant une profondeur temporelle précieuse (Faegri et Iversen, 1989).

C'est dans ce contexte, que s'inscrit notre travail qui consiste à caractériser les propriétés physico-chimiques des sols, combler ce manque en réalisant un inventaire des espèces existantes dans la région de la petite Kabylie en choisissant plusieurs sites, selon la diversité des habitats, des paysages et des espèces végétales.

L'objectif principal étant de diagnostiquer la végétation spontanée de la région.

Un objectif plus général en arrière-plan consiste à (1) essayer de retrouver sur le terrain le maximum d'espèces végétales, d'espèces rares et/ou endémiques de la région afin d'évaluer leur état de conservation et de hiérarchiser les urgences d'actions conservatoires à entreprendre pour les sauvegarder avec leurs écosystèmes littoraux et forestiers (2) et de reconstituer les dépôts polliniques représentatifs de la végétation actuelle dans les mares étudiées (3) et la caractérisation des propriétés physico-chimiques des sols des mares temporaires et les massifs forestiers de la zone de oued Zhor ( Est de Skikda), ainsi sur les relations existantes entre la végétation et le sol dans cette région..

**CHAPITRE I :**  
**SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

### I. 1. Les zones humides

Les zones humides sont des écosystèmes où l'eau joue un rôle prépondérant dans la détermination des conditions environnementales et de la vie biologique. Elles se forment là où la nappe phréatique affleure ou est proche de la surface du sol, ou encore là où la terre est recouverte d'eau, de manière permanente ou temporaire. Ces milieux abritent des sols hydromorphes et une végétation spécifique adaptée à la saturation en eau, tels que les marais, tourbières, mangroves, lagunes, estuaires et prairies inondables. Reconnues pour leur richesse écologique, les zones humides figurent parmi les écosystèmes les plus productifs de la planète, se classant juste après les forêts tropicales en termes de biodiversité et de productivité naturelle (Pearce et *al.*, 1994). Elles fournissent des services écosystémiques essentiels, notamment la régulation du cycle de l'eau, la purification naturelle, la prévention des inondations, le stockage du carbone et le soutien à la biodiversité (de Bélair 2005 ; Allem et *al.*, 2017).

### I. 2. Évolution des définitions des zones humides

La compréhension et la définition des zones humides ont considérablement évolué au cours des dernières décennies, en parallèle avec l'enrichissement des connaissances scientifiques et la reconnaissance croissante de leur rôle écologique fondamental. L'un des tournants majeurs dans la reconnaissance internationale de ces milieux a eu lieu lors de la conférence des Saintes-Maries-de-la-Mer en 1962. Cette rencontre, préparatoire à la future Convention de Ramsar, a proposé une première définition des zones humides comme l'ensemble des régions marécageuses et des plans d'eau de moins de six mètres de profondeur, qu'ils soient d'eau douce ou salée, temporaires ou permanents, stagnants ou courants.

Cette approche a été reprise et considérablement élargie par la Convention de Ramsar, adoptée en 1971 à Ramsar (Iran), qui définit les zones humides comme : « des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux, naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres » (Ramsar Convention Secretariat, 2016). Cette définition met en évidence la diversité biologique et hydrologique de ces milieux, et reconnaît explicitement leur rôle critique comme habitats pour les oiseaux d'eau et d'autres espèces. Elle insiste également sur l'importance de délimiter et cartographier précisément les zones humides, en incluant les aires riveraines, côtières et les îlots marins intégrés dans le fonctionnement écologique global du site.

### I. 3. Les sols des zones humides

#### 3.1. Morphologie des sols des zones humides

L'engorgement en eau laisse une empreinte durable dans la morphologie des sols, à travers des marques visibles, appelées « traits d'hydromorphie », qui traduisent la mémoire d'un excès d'humidité prolongé. À l'image d'un témoin silencieux, le sol conserve ces signes caractéristiques, révélateurs de son histoire hydrique. Ainsi, les sols des zones humides se distinguent fréquemment par la présence d'un ou plusieurs de ces traits, témoignant de conditions saturées en eau (Richardson et Vepraskas, 2001).

##### 3.1.1. Les traits rédoxiques

Les traits rédoxiques témoignent d'une histoire d'alternance entre immersion et assèchement. Ils apparaissent lorsque le sol, temporairement saturé en eau, vit au rythme des cycles d'oxydation et de réduction. Ces marques sont les traces visibles de ces transformations chimiques, révélant un sol animé par des fluctuations hydriques régulières (Richardson et Vepraskas, 2001).

##### 3.1.2. Les traits réductiques

Les traits réductiques, quant à eux, sont les signes d'un sol plongé durablement dans un environnement saturé en eau. Privé d'oxygène, le sol entre alors dans un état réducteur, enrichi en fer ferreux. Ces traits incarnent la mémoire d'un engorgement quasi permanent, traduisant un fonctionnement lent et profondément transformé par l'absence prolongée d'air.

##### 3.1.3. Les traits histiques

Les traits histiques sont le reflet d'une accumulation de matière organique dans des horizons entièrement modelés par l'eau. Nés dans des milieux où l'humidité persiste longtemps, ces traits traduisent une hydromorphie profonde. Ils façonnent des horizons holorganiques qui donnent naissance à des sols particuliers, appelés histosols, plus communément connus sous le nom de tourbières. Ces sols portent la mémoire vivante d'un environnement saturé, où l'eau façonne lentement chaque couche.

##### 3.1.4. Les traits rédoxiques

Les traits rédoxiques témoignent d'une histoire d'alternance entre immersion et assèchement. Ils apparaissent lorsque le sol, temporairement saturé en eau, vit au rythme des cycles d'oxydation et de réduction. Ces marques sont les traces visibles de ces transformations chimiques, révélant un sol animé par des fluctuations hydriques régulières (Grillas et *al.*, 2004).

### I. 4. Généralités sur les mares temporaires

#### 4.1. Définition

L'eau constitue l'un des éléments essentiels de la mare. Les mares temporaires sont des pièces d'eau dormante qui n'atteignent que quelques dizaines de centimètres de profondeur et qui ne sont remplies que pendant quelques semaines ou au plus quelques mois par an ; le reste du temps, on les reconnaît à leur surface vaseuse asséchées et craquelées. Ces eaux périodiques peuvent avoir des origines très différentes (Engelhardt, 1998).

Les mares constituent des écosystèmes particuliers, situés à l'interface entre les milieux aquatiques et terrestres, et se distinguent par une dynamique hydrologique marquée par l'alternance de périodes d'assèchement et d'inondation (Grillas et *al.*, 2004). Elles occupent des dépressions souvent endoréiques, submergées pendant des intervalles de temps suffisamment longs pour permettre le développement des sols hydromorphes, d'une végétation aquatique et de communautés animales spécifiques. Cependant, et de façon tout aussi importante, elles s'assèchent assez longtemps pour exclure les communautés plus banales de faune et de flore, caractéristiques des zones humides plus permanentes (Grillas et Roché, 1997).

Ces milieux se présentent au cours du cycle annuel sous trois visages différents : Celui d'un milieu franchement aquatique (phase inondée), puis humide (phase d'assèchement) et enfin terrestre (phase sèche) (Grillas et Roché, 1997). Ce sont donc des écosystèmes extrêmement mobiles dans le temps et qui de ce fait présentent une biodiversité temporellement discontinue. Elles constituent des réseaux biologiques fonctionnels dans lesquels chaque unité est en relation étroite avec sa voisine et contribue à la biodiversité de l'ensemble.

Dans la région méditerranéenne, beaucoup de mares s'assèchent tous les ans et ces assèchements conduisent à la minéralisation de la nourriture et ainsi promouvoir la productivité (Biggs et *al.*, 1994).

#### 4.2. Origine des mares temporaires

L'existence de mares temporaires résulte soit d'une origine naturelle due à des conditions géomorphologiques et géologiques particulières, soit d'une origine artificielle imputable à l'action humaine (Médail et *al.*, 1998).

##### 4.2.1. Origine naturelle

L'érosion peut résulter de l'action physico-chimique de l'eau, de l'action du vent, de processus géomorphologiques liés à la divagation des cours d'eau mais aussi de la combinaison de ces différents processus, éventuellement combinés à l'action de la faune voire de la flore (Médail et *al.*, 1998).

### 4.2.2. Origine artificielle

Pour ses activités d'élevage, de voirie, d'irrigation, ou de stockage d'eau, l'homme a créé des bassins et des mares. Au fil du temps, ces milieux ont été colonisés par des biocénoses dont la composition et la structure évoluent assez souvent en rapport avec l'âge de l'habitat (Grillas et *al.*, 2004).

## I. 5. Bref aperçu sur la flore en Algérie

L'Algérie, avec sa diversité géographique allant des montagnes du nord aux déserts du sud, abrite une flore riche et variée. Elle est caractérisée par une grande diversité et un endémisme notable, particulièrement dans les régions montagneuses et les zones protégées (Véla et Benhouhou 2007). Cependant, la présence d'espèces exotiques et invasives pose des défis pour la conservation de la biodiversité. Des efforts continus de recherche et de conservation sont nécessaires pour protéger et gérer efficacement cette richesse floristique. Voici un aperçu des principales caractéristiques de la flore algérienne, basé sur plusieurs études récentes (Hamel 2013).

### 5.1. Diversité et endémisme

L'Algérie possède une flore endémique significative, avec environ 248 taxons de plantes vasculaires strictement endémiques, représentant environ 6,3% de la flore totale du pays. Ces espèces endémiques sont principalement concentrées dans les régions floristiques du nord, notamment les chaînes de montagnes (Meddour et *al.*, 2023). Les arbres indigènes en Algérie comprennent 120 taxons, dont 11% sont endémiques ou subendémiques (Meddour et *al.*, 2021).

### 5.2. Flore des régions arides et steppiques

Dans les régions arides du sud-est de l'Algérie, la diversité botanique est dominée par des familles telles que les Chenopodiaceae et les Asteraceae. Ces zones présentent une végétation principalement composée de plantes pérennes adaptées aux conditions arides (Belhadj et *al.*, 2022). Les écosystèmes avec l'arbre endémique arganier dans le Sahara algérien montrent une richesse biologique notable, avec une flore composée principalement de phanérophytes et de chaméphytes (Kechairi et *al.*, 2024).

### 5.3. Flore des îles et zones protégées

Les îles et îlots le long des côtes algériennes, bien que peu étudiés, abritent une flore riche avec 295 taxons de plantes vasculaires. Ces îles servent de refuges modernes contre les pressions humaines, ce qui est crucial pour la conservation des écosystèmes méditerranéens (Hamel et *al.*, 2022 ; Hamimeche et *al.*, 2024). La péninsule de l'Edough, bien que couvrant une petite fraction de l'Algérie, protège environ 20,5% des plantes vasculaires du pays, avec une forte proportion de taxons méditerranéens (Hamel, 2013).

### Espèces exotiques et invasives

L'Algérie est également confrontée à des défis liés aux espèces exotiques et invasives. Une étude a recensé 211 espèces de plantes exotiques, dont une proportion significative est naturalisée, et certaines sont considérées comme invasives (Meddour et *al.*, 2020). Par exemple, *Ludwigia grandiflora* a été récemment signalée comme naturalisée dans le nord-est de l'Algérie (Hamel et Saci 2024).

### I. 6. Les facteurs influençant sur la dégradation du milieu naturel

La dégradation du milieu naturel résulte de l'interaction complexe entre facteurs naturels et activités humaines. Si certains processus, tels que l'érosion, les changements climatiques ou les variations hydrologiques, relèvent de dynamiques naturelles, leur amplification récente est largement attribuée aux pressions anthropiques croissantes (Duchaufour, 1977 ; Goudie, 2018). L'intensification de l'agriculture, la déforestation, le surpâturage, l'urbanisation et l'exploitation non durable des ressources naturelles contribuent à la perturbation des équilibres écosystémiques, altérant les sols, la biodiversité et les régimes hydriques. Ces perturbations affectent la résilience des milieux, réduisent leur capacité à se régénérer, et fragilisent les interactions sol-végétation-eau (Goudie, 2006). Comprendre ces facteurs et leur impact à différentes échelles temporelles et spatiales est essentiel pour évaluer les transformations du paysage, reconstituer les environnements passés et anticiper les évolutions futures dans un contexte de changement global.

#### 6.1. Facteurs climatiques

Les conditions climatiques, telles que la température, les précipitations et l'humidité, influencent directement la distribution et la composition des formations végétales. Ces paramètres définissent les étages bioclimatiques, chacun caractérisé par des assemblages spécifiques d'espèces végétales adaptées à des conditions climatiques particulières. Par exemple, dans les régions méditerranéennes, la classification bioclimatique d'Emberger utilise le quotient pluviothermique pour délimiter les zones climatiques et leur végétation associée.

#### 6.2. Facteurs édaphiques

Les caractéristiques du sol, ou facteurs édaphiques, englobent les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol, telles que la texture, la composition minérale, le pH et la teneur en matière organique. Ces facteurs influencent la disponibilité en nutriments et en eau, affectant ainsi la croissance et la distribution des plantes. Par exemple, les sols calcaires, riches en carbonate de calcium, favorisent le développement de végétations spécifiques adaptées à ces conditions (Beslin et *al.*, 2012).

#### 6.3. Facteurs anthropiques

Les activités humaines modifient profondément les écosystèmes naturels. L'agriculture, la déforestation, l'urbanisation et les pratiques de gestion des terres, telles que la jachère, entraînent des changements dans la composition et la structure de la végétation. Par exemple, la réduction des périodes de jachère et l'augmentation des surfaces cultivées peuvent désorganiser les systèmes écologiques traditionnels et bouleverser les paysages.

### 6.4. Facteurs de régression des forêts

Les forêts subissent une régression due à divers facteurs, notamment le pâturage excessif, la coupe illégale, le défrichement et les incendies. Ces perturbations entraînent une dégradation de la structure des peuplements forestiers, une réduction de la régénération naturelle et une perte de biodiversité. Par exemple, les incendies répétés peuvent épuiser les vieux arbres et réduire leur capacité à se régénérer, compromettant ainsi la pérennité des écosystèmes forestiers (Foumier et *al.*, 2001).

### I. 7. Les types de sols

De manière générale, les zones ayant fait l'objet de prospection n'ont pas encore bénéficié d'une étude pédologique exhaustive. Les travaux les plus significatifs à ce jour restent ceux de Durand (1954), qui propose une classification en deux grands groupes de sols. Le premier groupe correspond aux **sols zonaux**, également appelés **sols ectodynamomorphes**. Ces sols sont dits « complètement développés », car leur formation dépend principalement des facteurs environnementaux externes, notamment le climat et la végétation.

Selon Demelon (1966), la répartition de ces sols est étroitement liée aux zones climatiques, ce qui explique leur caractère « zonal ». Le processus évolutif dominant auquel ils sont soumis est le **lessivage**, un phénomène de migration des éléments fins (argiles, minéraux, matières organiques) sous l'action de l'eau, qui contribue à leur différenciation horizontale.

#### 7.1. Les sols zonaux:

##### a.Sols Oxyhumiques

Ces sols se caractérisent par une forte activité biologique et une accumulation de matière organique bien décomposée, typiquement trouvés dans des climats tempérés humides. Ils sont riches en matière organique et en nutriments, ce qui favorise une diversité bactérienne élevée (Sheng et *al.*, 2020 ; Kim et *al.*, 2023).

##### b.Sols Insaturés Acides

Formés dans des contextes acides, ces sols sont pauvres en bases échangeables et souvent associés à des formations forestières. Ils présentent une faible diversité bactérienne en raison de niveaux de nutriments limités (Huang, 2021).

### c. Sols Insaturés

Moins acides que les sols insaturés acides, mais toujours déficients en certains éléments nutritifs à cause du lessivage. Ces sols montrent une variation géochimique significative qui influence la composition microbienne (Huang, 2021).

### d. Sols Décalcifiés

Ces sols ont subi une perte significative de carbonate de calcium, généralement due à un drainage intense ou à des pluies abondantes. Cela peut entraîner des changements dans la composition minérale et affecter la structure microbienne (Huang, 2021).

### 7.2. Les sols azonaux (ou endodynamomorphes)

Les **sols azonaux**, également appelés **sols endodynamomorphes**, sont caractérisés par un développement pédologique incomplet. Contrairement aux sols zonaux, leur évolution ne résulte pas principalement des conditions climatiques, mais plutôt de facteurs stationnels liés au milieu local. Comme le souligne Demelon (1966), ces sols entretiennent un rapport étroit avec la roche-mère, dont ils héritent directement de nombreuses propriétés physiques et chimiques.

Durand (1954) précise que le processus de formation de ces sols est fortement conditionné par le degré de saturation en eau, l'absence d'oxygène (milieux anaérobies) et l'intensité de l'activité biologique. Ces facteurs influencent de manière décisive la dynamique pédogénétique, au point de reléguer le climat à un rôle secondaire. Ainsi, les sols azonaux se développent principalement dans des conditions stationnelles particulières, où l'humidité du sol, la stagnation de l'eau ou la nature du substrat jouent un rôle primordial. On distingue plusieurs types de sols azonaux, chacun correspondant à des contextes écologiques spécifiques :

- **Les sols de marécage** : formés en milieu constamment saturé en eau, souvent pauvres en oxygène, ce qui limite la décomposition de la matière organique.
- **Les sols des prairies marécageuses** : similaires aux précédents, mais soumis à une alternance de phases humides et plus sèches, ce qui influence la dynamique organo-minérale.
- **Les sols tourbeux non inondés** : riches en matière organique accumulée, issus de la lente décomposition de la végétation dans des conditions humides mais non submergées.
- **Les solods** : sols fortement lessivés et appauvris en bases, souvent présents en zones semi-humides, où la nappe phréatique remonte périodiquement.

- **Les sols alluviaux** : jeunes sols déposés par les crues fluviales, caractérisés par une stratification horizontale liée aux dépôts successifs.
- **Les sols dunaires** : formés sur des dunes sableuses, influencés par des dépôts éoliens et une végétation pionnière peu développée.

Ainsi, les sols azonaux témoignent d'une forte dépendance aux conditions locales (hydrologie, substrat, biologie), ce qui leur confère des propriétés spécifiques, indépendantes des grandes zones climatiques (Durand, 1954 ; Demelon, 1966).

### 7.3. Les sols intrazonaux

Les sols intrazonaux constituent une catégorie intermédiaire dans la classification pédologique proposée par Durand (1954) et reprise par Demelon (1966). À la différence des sols zonaux, fortement influencés par le climat, et des sols azonaux, marqués par des facteurs stationnels particuliers (eau, absence d'oxygène, substrat instable), les sols intrazonaux sont avant tout façonnés par la nature du substrat géologique ou par des conditions locales stables mais déterminantes. Autrement dit, ces sols évoluent dans un climat donné, mais leur développement est largement dominé par un facteur édaphique spécifique, souvent minéralogique ou hydrique, qui prend le pas sur les influences climatiques générales.

Durand (1954) met en évidence que les sols intrazonaux possèdent un profil bien individualisé, révélateur de processus pédogénétiques stables mais particuliers, liés par exemple à la richesse en sels, en calcaire, ou à une forte humidité du sol. Parmi les principaux types de sols intrazonaux, on distingue :

- **Les sols calcimagnésiques** : riches en calcium et magnésium, ces sols se forment sur des substrats calcaires ou dolomitiques. Ils sont souvent fertiles mais présentent une faible évolution structurale.
- **Les sols halomorphes** : typiques des régions arides ou semi-arides, ces sols sont influencés par une **concentration élevée en sels solubles** (chlorures, sulfates, etc.). On les retrouve fréquemment dans les zones de dépression fermée, où le drainage est insuffisant pour éliminer les sels accumulés.
- **Les sols hydromorphes** : développés dans des milieux à forte humidité permanente ou saisonnière, ils présentent des traits caractéristiques comme la **gleyification** (formation de taches de réduction) ou l'hydromorphie structurale. Leur évolution est fortement liée à la présence d'eau stagnante et à la fluctuation de la nappe phréatique.

Ainsi, les sols intrazonaux reflètent une adaptation pédologique à des contraintes locales spécifiques, indépendamment du zonage climatique global. Ils montrent comment un facteur dominant, tel qu'un substrat riche en sels ou une hydromorphie permanente, peut orienter profondément la genèse et les propriétés d'un sol (Durand, 1954 ; Demelon, 1966).

### I. 8. Analyse pollinique des sédiments

L'analyse pollinique, est une méthode scientifique utilisée pour étudier les grains de pollen fossiles et spores afin de reconstituer la végétation et les environnements passés. Cette technique repose sur l'identification microscopique des espèces végétales à partir de leurs pollens, qui sont souvent bien conservés dans les sédiments (Seppä 2007). Il consiste à étudier le contenu en pollen des dépôts sédimentaires pour comprendre la composition végétale historique. Les résultats sont souvent présentés sous forme de diagrammes polliniques qui illustrent les changements de végétation au fil du temps (Franks 2005).

#### 8.1. Aperçu historique sur l'analyse pollinique

L'analyse pollinique a subi une évolution importante à travers le temps qui se traduit par les phases suivantes :

- ❖ Phase Pionnière (1916-1950) : L'analyse pollinique a été introduite par Lennart von Post en 1916, qui a développé les premières méthodes quantitatives pour étudier les pollens dans les dépôts de tourbe (Birks et Berglund, 2018).
- ❖ Phase de Construction (1951-1973) : Cette période a vu l'expansion de l'analyse pollinique comme outil bio-stratigraphique, notamment aux Pays-Bas grâce à Frans Florschütz, qui a appliqué cette méthode à l'agriculture et à l'exploration pétrolière (Hooghiemstra et Richards, 2022).
- ❖ Phase Mûre (1974-présent) : L'analyse pollinique s'est diversifiée, intégrant des techniques modernes comme l'imagerie multispectrale et l'apprentissage profond pour améliorer l'identification et la quantification des pollens (Dunker et *al.*, 2020).

#### 8.2. Les différents champs d'applications

L'étude du contenu en pollen d'une carotte prise dans un site sédimentaire permet de se faire une idée de l'évolution de la végétation environnant le site pendant le temps de dépôt du sédiment (Erdtman, 1943).

- Reconstruction de la végétation : L'analyse pollinique est utilisée pour reconstruire les changements de végétation sur des échelles de temps allant de milliers à des millions d'années, fournissant des informations sur les dynamiques végétales naturelles et les impacts humains (Prentice, 1988 ; Seppä, 2007).
- Études paléoclimatiques : Elle permet également de reconstituer les conditions climatiques passées en corrélant les assemblages polliniques avec des modèles climatiques (Seppä et *al.*, 2003).

**CHAPITRE II**  
**MATERIEL ET**  
**METHODES**

## **II. 1. Cadre physique de la région d'étude**

### **1.1. Situation biogéographique, géographique et administrative de la région d'étude**

Faisant partie du Tell littoral, la wilaya de Skikda occupe une situation géographique particulière qui lui confère une position phytogéographique spécifique. En effet, si l'on se rapporte aux subdivisions biogéographiques retenues par Quezel et Santa (1962), Skikda se positionne dans trois secteurs. Son côté Est, principalement représenté par la plaine de Guerbes-Sanhadja, fait partie du secteur de la Numidie ( $K_3$ ), son côté Ouest, représenté essentiellement par le massif de Collo fait partie du secteur de la petite Kabylie ( $K_2$ ), tandis que son côté Sud est rattaché au secteur du Haut Tell constantinois ( $C_1$ ). Les secteurs ( $K_2$ ) et ( $K_3$ ) ont été décrits comme des points chauds du bassin méditerranéen regroupant des espèces à grande valeur patrimoniale et possédant avec le secteur de la grande Kabylie ( $K_1$ ) l'indice de biodiversité le plus élevé à l'échelle nationale (Véla et Benhouhou, 2007).

La région d'étude est située à l'Est de l'Algérie, dans la partie occidentale de la wilaya de Skikda, entre les latitudes  $36^{\circ}53'$  et  $36^{\circ}60'$  Nord et les longitudes  $6^{\circ}18'$  et  $6^{\circ}26'$  Est, cette dernière s'étend sur une superficie de  $4.137,88 \text{ km}^2$  avec un littoral long de 130 km d'est en ouest. Ses limites territoriales sont :

- au Nord, par la mer Méditerranée,
- au Sud, par les wilayas de Constantine et de Mila,
- à l'Est, par les wilayas de Guelma et d'Annaba et, enfin,
- à l'Ouest, par la wilaya de Jijel (Fig. 1).

Notre zone d'étude est un segment de la partie ouest du bassin versant d'oued Zhor située dans la partie Ouest de la wilaya de Skikda à la limite de la wilaya de Jijel. Ce bassin est défini entre la latitude  $36^{\circ}53'$  et  $36^{\circ}60'$  Nord et la longitude  $6^{\circ}18'$  et  $6^{\circ}26'$  Est. Administrativement, elle dépend de la daïra d'Ouled Attia (Bounoghra) et principalement, elle comprend la commune de Oued Zhor, El Aouinet et Khnak el mayoun. Elle est limitée au Nord par les communes de Ouled Attia, au Sud par celles de Ain Kechra et Ouldja Boulbellout, à l'Est par la commune de Beni Zid et enfin par la commune d'El-Milia et la mer Méditerranée à l'Ouest (Bounouara 2018).

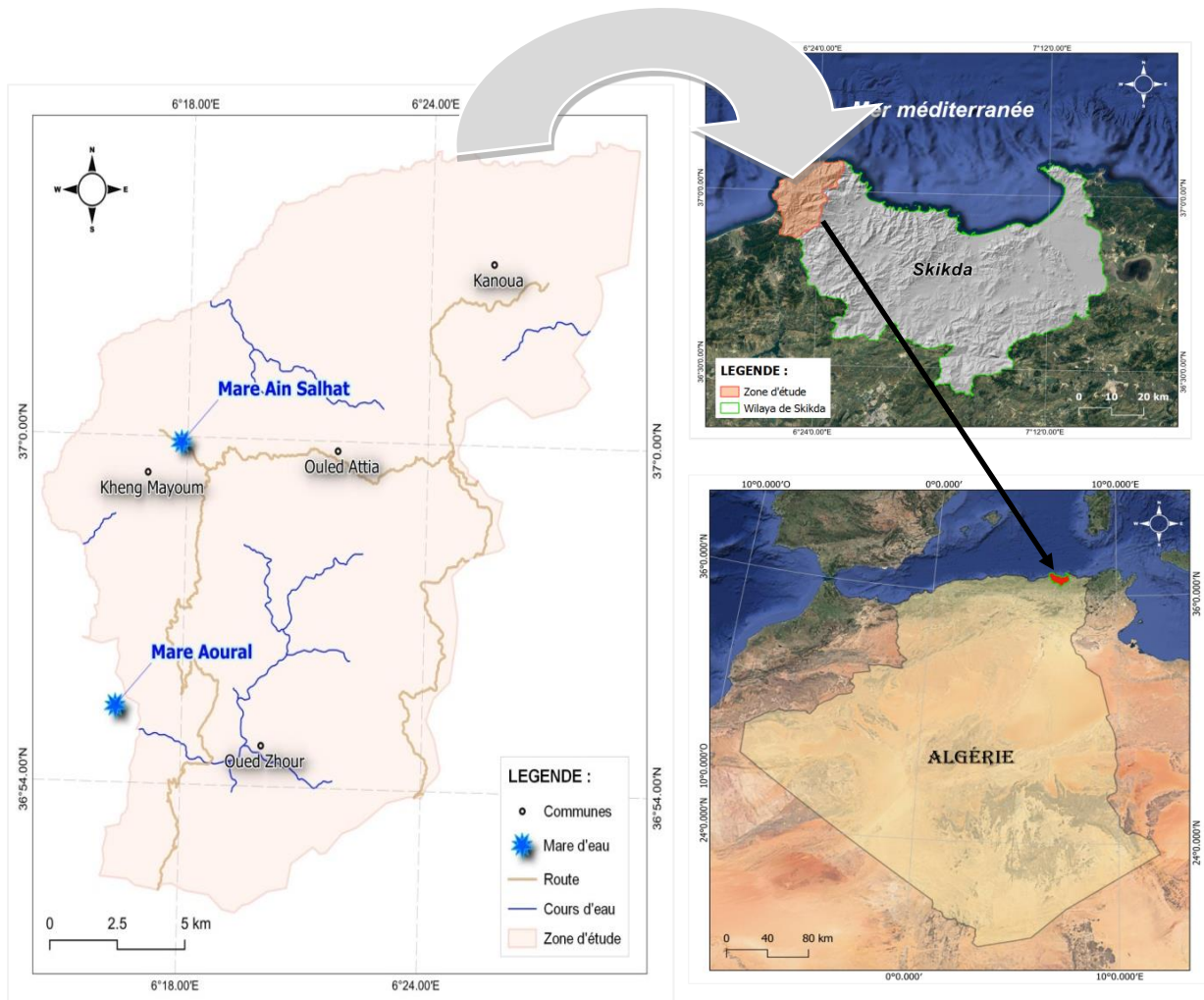


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude.

## 1.2. Cadre géologique

Du point de vue géologique, la région d'étude appartient au socle métamorphique de la petite Kabylie (Mahjoub et Merle, 1990), qui est dominé dans son intégralité par une prédominance de formations cristallophylliennes partiellement recouvertes par des lambeaux transgressifs marno-gréseux numidien (Oligo-Miocène Kabyle, olistostromes, flyschs numidien) et d'une vaste nappe qui repose sur des terrains d'âge mésozoïques et cénozoïques. Cet ensemble est le résultat d'une tectonique tangentielle d'âge fini-Lutitien au fini-Oligocène. Il est franchi par des roches éruptives (granites, grano-diorites, microgranites, dolérites et rhyolites) correspondant à un « magmatisme néogène et quaternaire » (Bouldjedri, 2013). Des formations gneissiques au-dessus desquelles se développent une série de gneiss, de marbres,

et de micaschistes recouverts par des phyllades, datant du paléozoïque (Mahdjoub, 1991). La chaîne liasique nommée chaîne calcaire ou encore « dorsale Kabyle » représente la couverture méridionale du socle kabyle. Ces formations sont essentiellement carbonatées d'âge Mésozoïque et Tertiaire, elles sont développées sur près de 90 Km d'Ouest en Est depuis le Djebel Sidi Driss jusqu'à Zit Emba dans la wilaya de Guelma.

Cet ensemble peut être en partie dissocié de son socle pour former des nappes de charriage. Les conséquences de cette configuration géologique se traduisent sur le plan hydrogéologique par la présence dans les plaines côtières (dépôts quaternaires) et le long des vallées alluviales de nappes « superficielles » plus ou moins continues (nappes de la plaine d'Annaba, de la vallée du Safsaf, de la vallée du Guebli, la plaine d'oued Zhor et de la plaine de Jijel...) (Mebarki, 2005) (Fig 2).

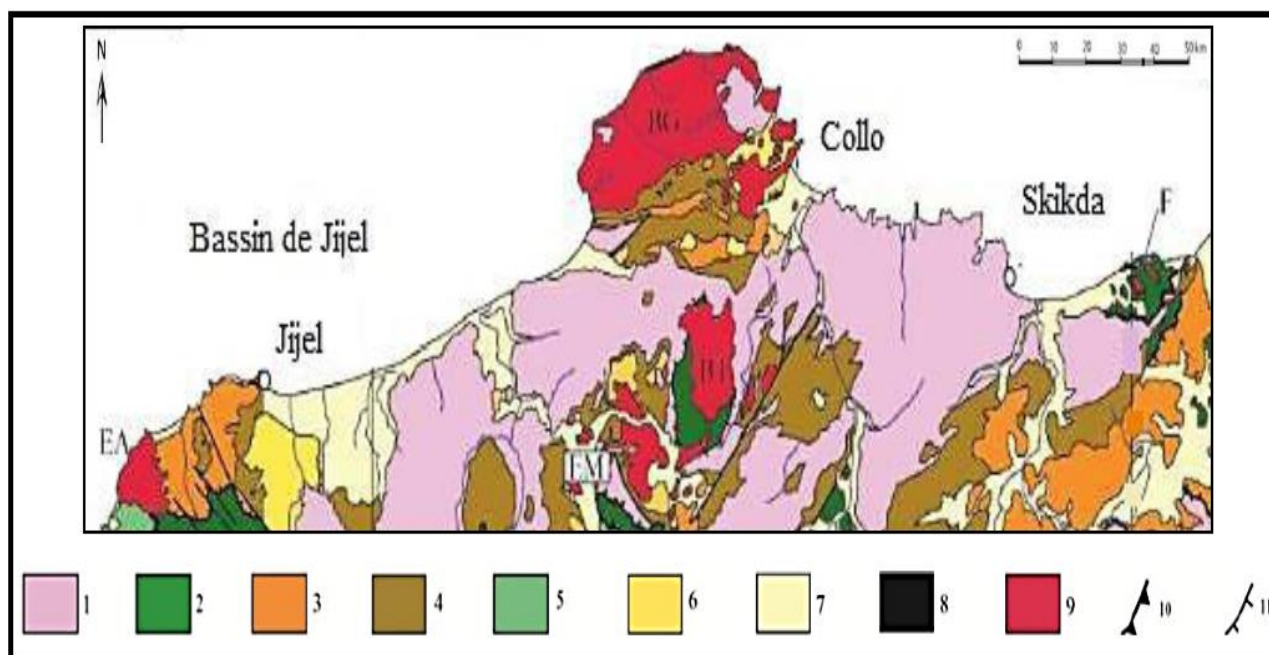


Figure 2 : Carte Géologique de la région de Skikda D'après M.Roubault (1934) et J. M. Vila (1980).

**La légende :**(1) : le Socle et la couverture sédimentaire ;(2 et 3) : flychs supra-kabyle où (2) : flychs du Crétacé et (3) : Flyschs numidiens ;(4) : Dépôt d'Oligo-Miocène (OMK) ; (5) : zones externes ;(6) : Dépôt de miocène post-nappe ;(7) : Dépôt du Plio-Quaternaire ;(8) : Roches basiques ;(9) : Magmatisme calco-alcalin.

### 1.3. Pédologie

La répartition des sols présente une zonation qui reflète celle du climat. Cependant, elle est largement modifiée par l'influence de la nature des roches mères, du relief, de l'eau et de la végétation (Tabet, 2008).

Les sols de ces régions humides peuvent se définir par leur mode formation original ; entrainement des substances e profondeur sous l'action des eaux de filtration. Mais cette migration est conditionnée par la nature de la roche mère, très variable dans le Tell algérien du fait de sa structure plissée.

Au niveau des massifs forestiers de notre zone d'étude dans la plupart des cas les sols sont de type forestier jeune, suffisamment profond et riche en éléments nutritifs qui résistent assez bien à l'érosion (Fig. 3). Il s'agit surtout des sols bruns forestiers et de sols minéraux bruts ou peu évolués (Trainer, 1991).

D'après la carte des sols (extrait de la carte des Sols d'Algérie. Constantine. Feuille N.J. 32-S.O. échelle 1/500 000). La région d'étude fait partie du groupe des sols non calcaires, comportant des sols minéraux bruts, des sols podzoliques, les sols évolués et les sols hydromorphes.

### **Les sols minéraux bruts**

Sont des sols très peu évolués, localisés principalement sur les sommets des djebels et sont soumis à une érosion hydrique intense. Ces sols caractéristiques des forêts et des matorrals comportent : Les lithosols sur les roches dures (grès ou calcaires), les régosols sur les roches tendres (marnes et calcaires marneux), les sols minéraux bruts d'apport alluvial dans les lits des oueds caillouteux.

### **Les sols podzoliques**

Ils se forment en Algérie à partir des roches non calcaires produisant des éléments grossiers pauvres en bases. Ces sols, très acides, se rencontrent dans la partie nord de l'Algérie sur les grès de Numidie, les gneiss et certaines dunes, et supportent normalement de belles forêts acidiphiles (chênes) avec un sous-bois dense de bruyère (*Erica* sp.), Diss (*Ampelodesma mauritanicum*)... etc.

### **Les sols évolués**

Regroupent : les sols d'origine colluviale sur les piémonts des djebels et les glacis, les sols d'origine alluviale dans les lits d'oued et les zones d'épandage, les sols d'origine éolienne avec des formations sableuses fixées : Une formation à structure meuble, résultant de la transformation de la roche mère sous processus physique, chimique et biologique.

### **Sols hydromorphes :**

Ils se caractérisent par des phénomènes de réduction ou de ségrégation locale du fer qui sont associés à une saturation temporaire ou permanente d'eau, ce qui entraîne un manque d'oxygène.

On identifie deux catégories d'évolution :

1. La première est relative à la formation d'une nappe perchée temporaire d'origine pluviale (pseudoGley).
2. La deuxième est liée à une nappe phréatique profonde (Gley).

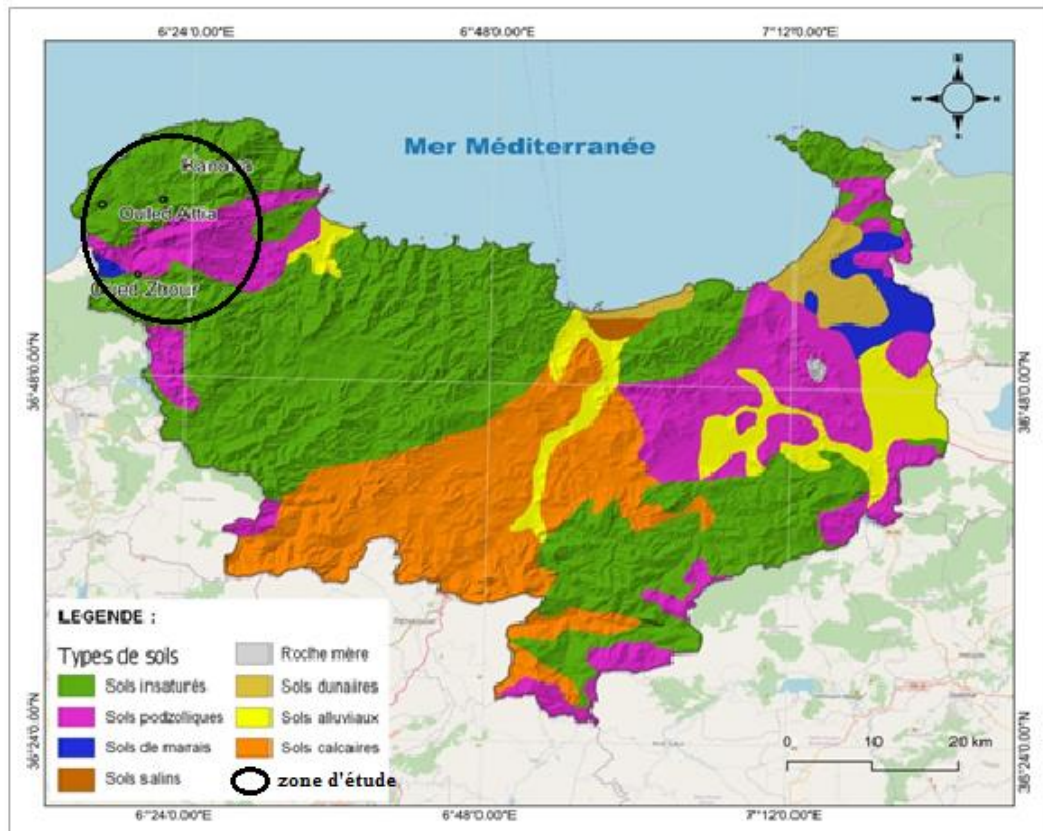


Figure 3 : Cartes des sols (extrait de la carte des Sols d'Algérie. Constantine. Feuille N.J. 32-S.O. échelle 1/500.000 éditée en 1948 par Durand, M.J-H., Barbut, M.M). Modifiée.

#### 1.4. Cadre géomorphologique et hydrographique

Le relief de la région du grand bassin « Côtiers constantinois », dont le bassin versant de Oued Zhor fait partie est représenté par les montagnes telliennes qui sont sous forme de bourrelet longeant et dominant la mer Méditerranée de Bejaia jusqu'à la frontière tunisienne. Il s'agit d'une chaîne de 300 km de longueur et de 50 à 80 km de largeur. Cet espace géographique dont la zone d'étude appartient est l'un des plus accidentés d'Algérie, compris entre l'Atlas tellien et le littoral méditerranéen (Nord-Sud), est connu pour leurs paysages montagneux entrecoupés par des plaines littorales aux superficies réduites (plaine d'oued Zhor, plaine de Jijel...) (Marre, 1992).

Le bassin versant de Oued Zhor s'ordonne de part et d'autre d'une grande arête Nord-sud, qui commence à se dessiner par une série de Koudiets allant de Hdjar Miz (1032 m) à El Mkatel (821 m) ; au Sud par Koudiat Bou el Kikab (462 m) et Sra Di el Khemis (807 m). Il s'élève

dans l'axe Est et Ouest et culmine dans le Djebel. El Goufi (1181 m) et par des koudiats le long de l'axe Ras Kfayoun-El Aouinet-Es Sandjak (545-681-741 m, respectivement). Long de 17 Km, il prend sa source au Djebel El Goufi (1183 m) sous le nom de l'oued Ktounan. Tout au long de son parcours, jusqu'à son embouchure dans la mer Méditerranée, il reçoit beaucoup d'affluents et prend successivement le nom de l'oued Habaiche, l'oued el Kébir et enfin l'oued Zhor (Chouit, 2015) (Fig 4).

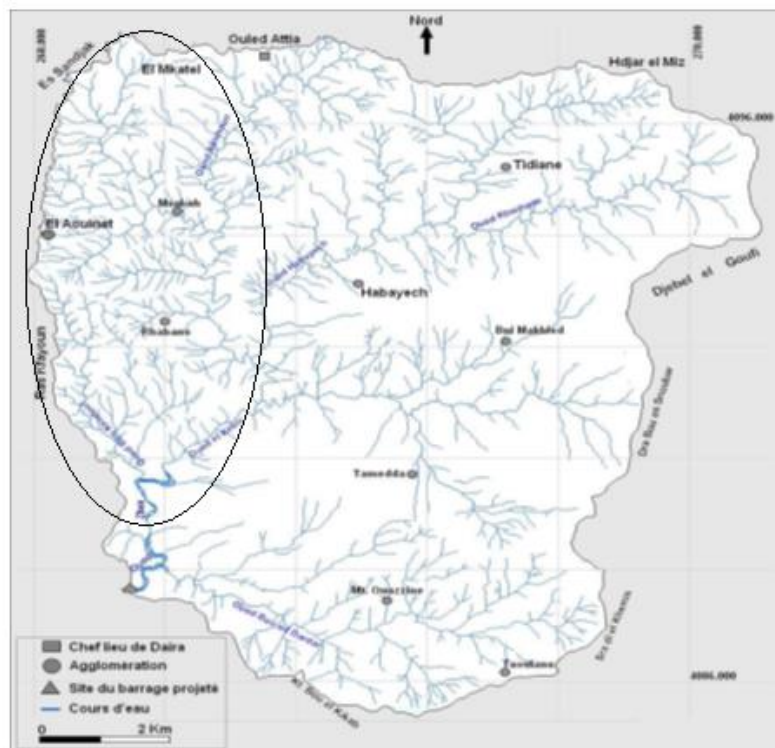


Figure 4 : Bassin versant de l'oued Zhor.

### 1.5. Le régime pluviométrique

La distribution des précipitations dans cette zone d'étude varie entre 557 mm et 650 mm (Fig 5), ce qui caractérise un climat humide, typique de cette région.

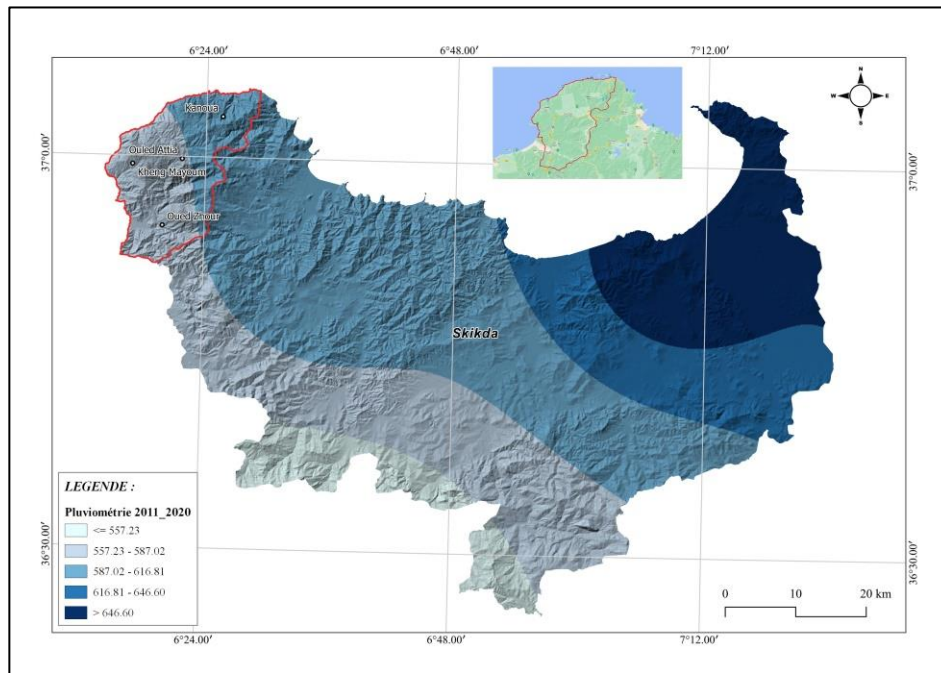


Figure 5 : Pluviométrie moyenne annuelle 2011-2022 ; source: <https://crudata.uea.ac.uk>.

### 1.6. Température

La distribution des températures minimales dans cette zone d'étude varie entre 5.19 °C et 5.72 °C, (Fig 6).

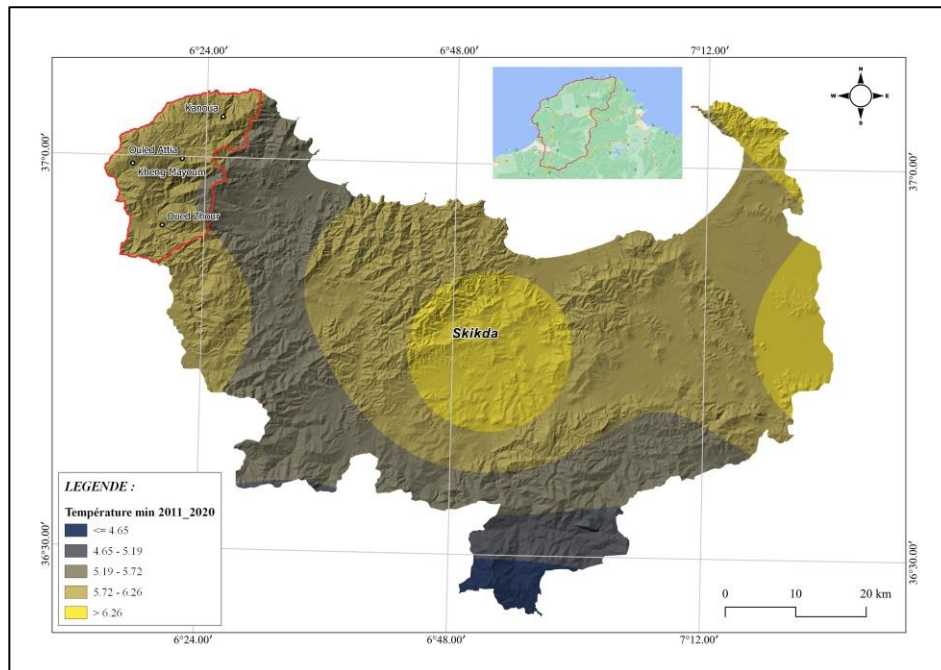


Figure 6 : Température minimale annuelle 2011-2022 ; source: <https://crudata.uea.ac.uk>

La distribution des températures maximales dans cette zone d'étude varie entre 32.42 °C et 32.74 °C, (Fig. 7).

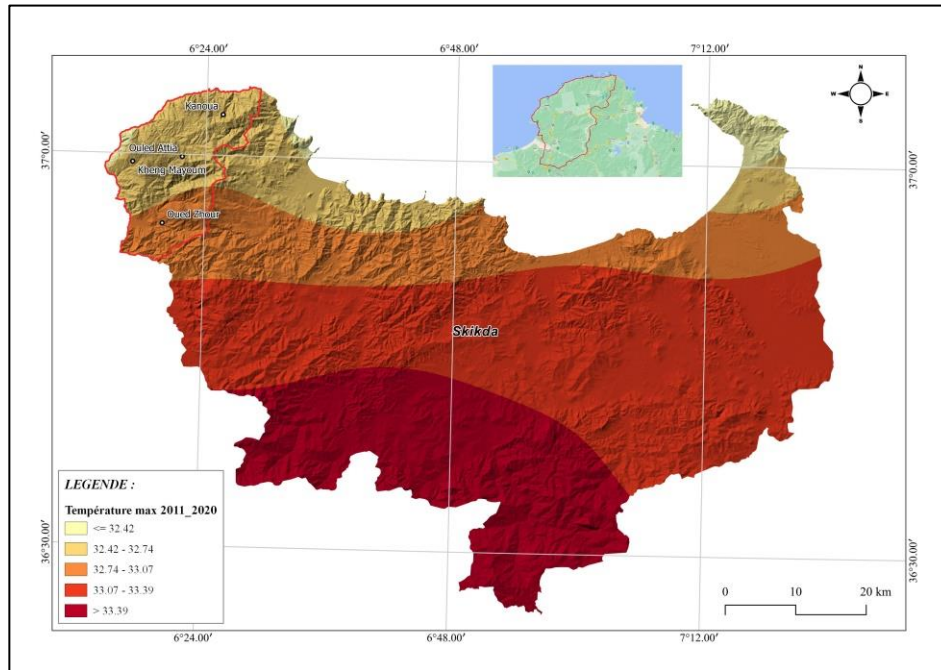


Figure 7 : Température maximale annuelle 2011-2022 ; source : <https://crudata.uea.ac.uk>

## II. 2. Méthodologie

### 2.1. Etude pédologique

Le choix de l'emplacement du profil à réaliser, est conditionné essentiellement d'une part par la composition floristique du groupement végétal que l'on se propose d'étudier du point de vue pédologique, et d'autre part par la nature du substratum sur lequel s'est formé le sol (Aubert, 1978).

Les échantillons du sol ont été prélevés sur les quatre stations d'études dans le massif forestier d'Oued Zhor : Khneg el mayou ; Anchid; Sindjak et Ouled Djaballah, cependant, dans la mare temporaire de Aoural, l'échantillonnage a été réalisé uniquement sur les cinq premiers centimètres à l'aide d'une spatule, par contre la carotte de la tourbière de Ain Salhat a été prélevée à l'aide d'un carottier russe (Jowsey, 1966). Ce dernier en question (carottier russe), est fabriqué intégralement d'acier inoxydable le rendant assez lourd mais très solide, évitant ainsi tous les risques de déformation lors de la prise (60 cm de longueur et 5.5 cm de diamètre).

Les échantillons ont été prélevés au niveau de la rhizosphère (0 à 30 cm), des espèces végétales des formations considérées auparavant (juste en dessous). A l'exception, Les

échantillons de la mare tourbeuse de Ain Salhat ont été prélevés à l'aide d'un carottier russe (120cm).

## **2.2. Caractéristiques physico-chimiques des sols**

### **2.2.1. pH<sub>eau</sub>**

Le pH de l'eau (**norme AFNOR X31- 103**), a été déterminé par mesure électrométrique, avec un pH-mètre muni d'une électrode en verre (AFES, 1995), dans une solution surnageante d'un mélange sol/liquide en proportion 1:2,5

### **2.2.2. Le pH<sub>KCl</sub>**

C'est un indice d'expression des degrés de saturation du complexe adsorbant, ainsi que la nature chimique des ions fixés. Il exprime l'acidité d'échange ou l'acidité potentielle. Dans notre étude, nous avons mesurés l'acidité d'une suspension de chlorure de potassium (KCl 1N), avec un rapport terre /solution normalisé (Delcour, 1981).

### **2.2.3. Conductivité électrique**

La conductivité électrique (CE  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) a été déterminée par mesure électrométrique dans la même solution avec un conductimètre (méthode modifiée ; Aubert, 1978).

### **2.2.4. Matière organique (MO)**

Le taux de matière organique (MO%) a été mesuré par combustion au four à 450°C pendant 4h selon la méthode de la perte au feu (Dean, 1974).

### **2.2.5. Le carbone organique**

Le taux de carbone organique (CO%) a été mesurée par oxydation par voie humide en milieu sulfochromique avec chauffage selon la méthode de la perte au feu (ISO 14235, 1998).

### **2.2.6. Humidité hygroscopique**

Le taux d'humidité (ou teneur en eau H%) a été mesuré par séchage à l'étuve à 105°C pendant 24h (Baize, 1988).

### **2.2.7. Granulométrie**

La texture d'un sol est révélée par son analyse granulométrique. Son principe est basé sur la vitesse de sédimentation des particules séparées et dispersées par destruction de leur ciment (calcaire et matière organique). Le fractionnement de ces particules se fait par la pipette de Robinson qui permet la détermination des fractions argileuses et limoneuses fines.

Ensuite, les sables fins et grossiers sont mesurés par tamisage. Les limons grossiers sont extrapolés par calcul à partir des résultats obtenus (Baize, 1988).

## **II. 3. Etude floristique**

### **3.1. Méthodes d'échantillonnage**

Les stations du massif forestier ainsi que les deux mares ont fait l'objet de suivis phytoécologiques à l'aide d'un échantillonnage systématique (Braun Blanquet 1932). L'inventaire botanique de la végétation a été réalisé durant six années consécutives (2016-2022). L'ensemble de la zone d'étude a été parcouru autant que possible, avec une prospection de chaque habitat durant trois périodes par an (février-mars, avril-mai et juin-juillet), de chaque année de la période d'étude. Pour les mares temporaires, nous avons appliqués des quadrats sur des transects qui varient en fonction de la surface de chacune des deux mares étudiées. Les espèces, qu'elles soient en fleurs, en fruits ou en graines, sont photographiées et des échantillons sont récoltés de manière provisoire pour identification.

### **3.2. Identification, Indice d'abondance et répartition des espèces**

L'identification s'est faite en plusieurs étapes : tout d'abord en se référant à la flore d'Algérie de Quézel et Santa (1963-1963), complétée par la flore d'Afrique du Nord de René Maire (1952-1987) pour les espèces qui sont parues; ensuite la plupart des identifications ont été vérifiées, complétées et actualisées en consultant la flore d'Italie (Pignatti 1982) et celle d'Andalousie orientale (Blanca et *al.*, 2009). La nomenclature est ajustée selon l'index synonymique de Dobignard et Chatelain (2010-2013) et sa version actualisée en ligne (APD 2025).

Le recouvrement de chacune des 189 espèces floristiques observées a été estimé selon l'échelle de Braun-Blanquet (1932). La méthode consiste, dans une première étape à dresser la liste des plantes présentes sur la surface du relevé. Dans une deuxième étape un indice d'abondance-dominance, estimé selon une échelle d'indices variant de (+) à (5), est attribué à chaque espèce. Les indices traduisent la part de recouvrement de chaque espèce sur la surface du relevé. Ils permettent ainsi de déterminer les espèces dominantes. A ce titre :

- l'indice 5 correspond à un recouvrement > 75 %,
- l'indice 4 correspond à 50-75 %,
- l'indice 3 correspond de 25-50 %,
- l'indice 2 correspond à 5-25 %,
- l'indice 1 correspond à 1-5 %,
- l'indice + correspond à un recouvrement très faible dû à la présence, au niveau de la surface du relevé, uniquement d'un ou de quelques individus.

Nous avons adopté l'échelle de rareté de la flore de Quézel et Santa (1962-1963) :

- RR : très rare,
- R : rare,

- AR : assez rare,
- AC : assez commune,
- C : commun.

### **3.3. Codification des données**

#### **3.3.1. Codage des espèces**

En vue du traitement informatique des données floristiques, les taxons sont ordonnés en ordre alphabétique. Un code en lettre et en chiffre est attribué à chacun des taxons qui ont été relevés dans la zone d'étude. La lettre pour le genre, et le chiffre pour le classement par ordre alphabétique de l'espèce, (exemple x1, x2...xn,).

#### **3.3.2. Codification des données environnementales**

Nous avons dressé un tableau qui a rassemblé les sept variables

- ***Stations d'échantillonnage***

**Huit stations** d'échantillonnage ont été retenues :

- 1: Ain Salhat (ASALT);
- 2: Aoural (ARAL);
- 3: Marsa Zitoune (MZTOUN);
- 4: SDJK (Sindjak);
- 5: Ain Guerfi (AGURF);
- 6: Anchid (ANCH).
- 7: Khneg el mayou (KMAYOU).
- 8: Ouled Djaballah (ODJAB)

- ***Roche mère (Rm)***

Quatre types de roche mère ont été retenus :

- 1 : Grés numidien ;
- 2 : Gneiss ;
- 3 : Alluvion ;
- 4 : Marne.

- ***Taux de recouvrement des espèces ligneuses :***

Trois classes ont été inventoriées :

- 1 : Taux de recouvrement 69% ;
- 2 : Taux de recouvrement 70%---75% ;
- 3 : Taux de recouvrement 76%---100%.

- ***Taux de recouvrement des espèces des herbacées***

Trois classes ont été inventoriées :

- 1 : Taux de recouvrement 1-----35% ;

2 : Taux de recouvrement 35----39% ;

3 : Taux de recouvrement >40% ;

- **Pente**

Trois classes ont été définies :

1 : 0-----5% ;

2 : 6----10% ;

3 : >40% ;

- **Altitude**

Quatre classes ont été retenues :

1 : 0-----50m ;

2 : 51----300m ;

3 : 301----450m ;

4 :400-----700m.

- **Exposition**

Trois types de roche mère ont été retenus :

N : 1

NE : 2

NO : 3

### **3.4. Types biogéographiques et biologiques**

Les espèces recensées ont été renseignées par leur type biogéographique (Pignatti 1982 ; Blanca et *al.*, 2009 ; Dobignard et Chatelain 2010-2013) et leur type biologique (Raunkier 1934 ; Pignatti 1982 ; Blanca et *al.*, 2009 ; Tison et de Foucault 2014).

#### **3.3.1. Taxons patrimoniaux**

La rareté au niveau national est évaluée selon les critères subjectifs donnés par Quézel et Santa (1962-1963) et pour les espèces non présentes dans cet ouvrage, selon nos propres estimations en se calant sur le même critère. Le niveau de menace est publié dans la Liste Rouge des espèces menacées de l'UICN (<http://iucnredlist.org>), nous avons également consulté la liste rouge de 1997 (Walter et Gillet 1998) qui est la seule à ce jour à avoir visé l'exhaustivité, bien que désormais caduque. Nous avons aussi considéré comme espèces d'intérêt patrimonial les espèces protégées par le Décret n° 03-12/12-28 complétant la liste des espèces végétales non cultivées protégées en Algérie (J.O.R.A. 2012).

### **3. 5. Traitements numériques des données floristiques**

Cette étape consiste à l'exploitation des relevés floristiques, qui seront regroupés dans un tableau à double entrée (relevés/espèces). Il comporte la liste floristique de tous les relevés en

colonne, en ligne les espèces. Ces espèces sont notées selon leur coefficient d'abondance-dominance de Braun-Blanquet (1952).

Ces analyses statistiques ont été effectuées en utilisant le langage informatique R (package *ade4*, version 3.0.2) (R Core Team, 2013).

### **3. 6. Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)**

L'Analyse Factorielle des Correspondances (notée AFC) ou encore appelée Analyse des Correspondances Binaires, a été utilisée pour évaluer les dissemblances ou les ressemblances entre les communautés biologiques des différentes stations (Legendre et Legendre, 1998 et 2012). C'est un outil statistique dont l'objectif est de permettre de décrire la dépendance (ou la correspondance) pouvant exister entre deux ensembles.

L'AFC est une analyse destinée au traitement des tableaux de données où les valeurs sont positives et homogènes. Le tableau sur lequel s'applique l'AFC est un tableau de contingence, c'est-à-dire un tableau à double entrée avec des valeurs de comptage ou fréquence absolues dans les cellules (GlèlèKakai *et al.*, 2016).

Son but est de donner la meilleure représentation simultanée des groupements de variables, et permet l'obtention d'une correspondance entre groupes d'espèces et groupes de stations par réduction de la dimension en effectuant la décomposition factorielle des nuages de points associés aux profils lignes et aux profils colonnes du tableau de contingence croisant les modalités des deux variables.

L'Analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C.) est une méthode factorielle de Statistique Descriptive Multidimensionnelle, Son objectif est d'analyser la liaison existant entre plusieurs variables qualitatives.

### **3. 7. Analyse Canonique des Correspondances (ACC)**

La caractérisation des facteurs écologiques régissant sur la distribution des espèces dans les différentes stations prospectées au niveau de Oued Zhor, est obtenue par l'Analyse Canonique des Correspondances (ACC), elle a été mise au point pour étudier les relations espèces-milieux, en traitant simultanément une matrice (espèces× relevés, codées en présence-absence) et une matrice de variables (les variables du milieu considérées comme explicatives) (Ter Braak, 1995).

### **3.8. Distribution potentielle 3D**

Dans la méthode des potentiels nous allons tirer du formalisme de cette notion de champ. Ainsi, l'ensemble des points (stations) comme nuage sur la surface. Nous choisirons d'orienter arbitrairement le potentiel vers le haut, pour obtenir une explication des agrégats du nuage (Aug, 2010).

### **3.9. Indice de similarité de Sorensen**

Nous avons tenté d'établir une relation entre la richesse floristique et les données physiographiques des différentes stations étudiées par une étude des régressions simples ou le calcul des coefficients de corrélation ( $r^2$ ). La recherche d'une corrélation entre les similitudes de richesse floristique entre les sites et la distance qui les sépare a également été étudiée.

Pour les traits fonctionnels des plantes, nous avons traité nos résultats par une analyse de la variance (ANOVA) à deux critères de classification.

### **3.10. Analyse en Composantes Principales (ACP)**

C'est une méthode d'analyse multivariée permettant l'étude simultanée d'un grand nombre de variables dont l'information totale ne peut pas être visualisée à cause d'un espace à plus de trois dimensions (Mouissi et Alayat, 2016). L'ACP traite les données numériques contrairement à L'AFC qui peut traiter les données qualitatives (Bouroche et Saporta, 1980). C'est une méthode descriptive dont le but est de présenter un tableau de données quantitatives. L'objectif est d'avoir une information concentrée sur un minimum d'axe.

### **3.11. Corrélation de Pearson**

La corrélation de Pearson évalue la relation linéaire entre deux variables continues.

Une relation est dite linéaire lorsqu'une modification de l'une des variables est associée à une modification proportionnelle de l'autre variable.

Le coefficient de corrélation de Pearson indique le degré de relation linéaire entre deux séries de données, il peut prendre les valeurs ' - 1 ' à ' + 1 ' (Chok, 2008) :

- une valeur de + 1 montre que les variables sont parfaitement linéaires liés par une relation de plus en plus croissante.
- une valeur de - 1 montre que les variables sont parfaitement linéaires liés par une relation décroissante.
- une valeur de 0 montre que les variables ne sont pas linéaires entre elles.

Il est considéré comme forte corrélation si le coefficient de corrélation est supérieur à 0,8 et une faible corrélation si le coefficient de corrélation est inférieur à 0,5 (Bolboaca et Jäntschi, 2006).

## **II. 4. Etude pollinique**

L'étude pollinique a été conduite sur deux sites différents. Nous avons utilisé deux méthodes différentes de prélèvements, pour les sites moins humides sur substratum sablo-argileux dans la mare d'Aoural et pour un site tourbeux humides dans la mare de Ain Salhat. Le choix des sites d'échantillonnage a été effectué sur la base des caractéristiques stationnelles et régionales, particulièrement le degré de saturation de l'eau. Nous avons pris quatre échantillons de sédiment de surface le long d'un transect diagonal traversant d'Est en Ouest

dans la mare d'Aoural. La distance séparant chaque échantillon est de 50 mètres. Ce prélèvement a été effectué à l'aide d'une spatule plane. Tandis qu'un seul échantillon a été prélevé en milieu de la mare d'Ain Salhat à l'aide d'un carottier russe (décrite dans la partie pédologique), cet échantillon a subi deux types d'analyses dont le sommet a fait l'objet d'une analyse des sédiments de surface, et une autre analyse en même temps pour une étude rétro-observation appuyée sur une approche palynologique.

#### **4.1. Extraction du matériel sporo-pollinique**

L'extraction pollinique a été réalisée sur des volumes de 1 cm<sup>3</sup> pour tous les échantillons selon la méthode de Faegri et Iversen (1989). Elle est basée sur une série de traitements avec : NaOH (20%), HF (70%), HCl (10%), CH<sub>3</sub>COOH, acétolyse et enfin conservation du matériel pollinique dans la glycérine. Les comptages ont été effectués sous microscope optique OPTIKA (X 400) et l'identification a été réalisée par l'utilisation d'une clé d'identification de la collection de l'atlas de référence des pollens et spores (Reille, 1992 ; Reille, 1998 ; Beug, 2004). Les données de l'analyse pollinique ont été présentées sous forme d'un diagramme pollinique qui a été construit à l'aide du logiciel C2 version 1.7.7.

**CHAPITRE. III**  
**Résultats et Discussions**

### III.1- Phytoecologie de la mare aoural et ain salhat dans la kabylie de collo

#### 1.1. Introduction

Les mares temporaires du pourtour méditerranéen, qui abritent un patrimoine naturel remarquable, représentent un élément majeur des "points chauds " de biodiversité de la région (Médail et Quézel, 1997 ; Médail et *al.*, 2004). En raison de leur caractère éphémère et de leur petite taille, ces milieux fragiles et vulnérables régressent rapidement sous l'influence des activités humaines (drainage, aménagement agricole, pâturage, pollution (Rhazi et al., 2001 ; Grillas et *al.*, 2004 ; Allem et *al.*, 2017 ; Fetnaci et *al.*, 2019 ; Hammana et al., 2024). C'est à leur niveau qu'a été rapporté le plus grand nombre de raréfactions voire de disparitions (Faurel, 1959 ; Quézel et Zevaco, 1964). Une des limites à l'implémentation de mesures conservatoires sur le long terme est le manque de connaissance sur les dynamiques passées et sur les capacités de résilience de ces milieux (Froyd et Willis, 2008 ; Daoud-Bouattour et al., 2011). Toutefois, les études paléoécologiques, généralement mises en œuvre pour révéler les phénomènes climatiques ou anthropiques impliqués dans l'évolution de la végétation, permettent également d'évaluer la paléo-richesse végétale qui peut être considérée comme une première approximation de la paléo-biodiversité (Odgaard, 1999).

Le Nord-Est algérien recèle en son sein un important et vaste éco-complexe de zones humides. Il fait partie d'un point chaud de biodiversité, récemment reconnu au sein de l'ensemble méditerranéen (Véla et Benhouhou, 2007). La petite Kabylie « K<sub>2</sub> » est riche en mares temporaires répondant aux critères Ramsar (Grillas et *al.*, 2004). Sa flore hygrophile a fait l'objet de très peu de travaux et synthèses récents (de Bélair et Samraoui, 2000 ; Bouldjedri et *al.*, 2011 ; Benhassine-Gherzouli, 2013) qui ont mis en évidence leur intérêt et leur originalité, tant biogéographiques qu'écologiques. En revanche, aucune étude ne révèle l'histoire paléobotanique de cette région (cf. Benslama et *al.*, 2010).

La mare Oued Zhor est localisée dans une petite plaine sublittorale à proximité de l'Oued Zhor, d'une superficie variable (50–200 m<sup>2</sup>), peu profonde 50 cm et de basse altitude 2-3m. La végétation est de type aulnaie-ormaie-saussaie. Tandis que la mare Ain Salhat est localisée à 610 m d'altitude dans la forêt de Laouinet dans le canton d'Ouled Atia, elle est d'une surface restreinte (20-40m<sup>2</sup>), d'à peine 5 m de diamètre. La végétation de cette mare est de type aulnaie-chênaie à *Quercus suber* L. et *Quercus canariensis* Willd (Bensettiti & Lacoste, 1999).

La pluviométrie annuelle de la région est de l'ordre de 1002 mm par an à Collo, 1038 mm à Cap Bougaroun (incluant : la mare Aoural) et 1773mm à Bessombourg (incluant : la mare Ain Salhat) (Seltzer et al., 1946). Les bioclimats sont essentiellement humides à perhumides, chauds et tempérés, et la période sèche n'excède pas 3-4 mois (Chaumont & Paquin, 1971).

Sur la plan géomorphologique, le bassin versant d'Oued Zhor est délimité par des chaînes montagneuses essentiellement formées de terrains métamorphiques, recouvertes de lambeaux argilo-gréseux d'âge oligo-miocène et traversées par des roches éruptives d'âge miocène (Marre, 1992). Le relief est marqué par des montagnes accidentées d'où le point culminant est le Djebel El Goufi (1181 m), entrecoupés par une plaine côtière d'Oued Zhor qui se caractérise par des dépôts alluviaux d'argiles, de limons et de sables du Quaternaire (Chouit, 2015).

### **III.2. Diversité des zones humides**

#### **2.1. Les mares temporaires**

Les mares (ou marais) temporaires sont des zones (ou milieux) humides. Elles en constituent l'une des déclinaisons majeures, ce qui en fait des milieux tout aussi difficiles à définir (*cf. supra*). D'après Grillas et Roché (1997), « *Les marais temporaires occupent des dépressions endoréiques soumises à une submersion suffisamment longue pour y autoriser le développement d'une végétation aquatique ou la formation de sols hydromorphes. Leur alimentation en eau se fait directement par des pluies et indirectement par les apports du bassin versant (ruissellement) et par la nappe souterraine* ». Ces auteurs indiquent que cette définition très générale met en exergue les caractéristiques essentielles des mares temporaires : l'alternance de phases inondées et exondées ; et l'isolement hydraulique au moins au niveau des eaux de surface. Les mares temporaires constituent un panel de milieux humides très diversifiés que rassemble le critère de l'assèchement annuel constituant la contrainte écologique majeure. La taille, la durée d'inondation, la région climatique, le substrat et la topographie sont autant de critères permettant leur distinction, leurs déclinaisons d'ordre secondaire (de Bélair, 2005 ; Hamel, 2013).

### **III.3. Résultats**

#### **3.1. Diversité floristique**

Un total de 174 espèces de plantes vasculaires appartenant à 143 genres et 73 familles ont été identifiées dans les deux mares étudiées, à savoir 119 pour la mare Aoural et 109 pour la mare Ain Salhat (Tab. 1). La famille des *Fabaceae* était la plus importante en termes de nombre d'espèces et constitue 8,04% des plantes identifiées (14 espèces), suivie par les *Poaceae* avec 6,89% (12 espèces), les *Asteraceae* avec 6,32% (11 espèces) et les *Lamiaceae* avec 4,59 % soit 8 espèces. Ces quatre familles représentent à elles seules plus d'un quart de la flore étudiée. S'ajoutant à ces dernières, les *Cyperaceae* (7 espèces soit 4,02 %), les *Apiaceae* et les *Rubiaceae* (6 espèces soit 3,44% pour chacun), les *Ranunculaceae*, les *Rosaceae* et les *Plantaginaceae* (5 espèces soit 2,87% pour chacun) étaient moyennement représentées. Le reste des familles étaient le plus souvent monospécifique ou bien bispécifique.

Tableau 1 : Liste de la flore actuelle des deux mares étudiées (mare Aoural et Ain Salhat)

Taxon	Famille	Type Biogéographique	Type biologique	Mare Aoural	Mare Ain Salhat
<i>Acacia karroo</i> Hayne	Fabaceae	Intr	Ph	X	
<i>Acanthus mollis</i> L.	Acanthaceae	Méd	Hém		X
<i>Achyranthes sicula</i> (L.) All.	Amaranthaceae	Trop	Ch	X	
<i>Alisma lanceolatum</i> With.	Alismataceae	Paléotemp	Hém	X	X
<i>Allium triquetrum</i> L.	Alliaceae	Méd- atl	Géo		X
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	Betulaceae	Eury-méd	Ph	X	X
<i>Alternanthera sessilis</i> (L.) R.Br. ex DC	Amaranthaceae	Trop	Hyd		X
<i>Ammi visnaga</i> (L.) Lam	Apiaceae	Méd	Th	X	
<i>Ampelodesmos mauritanicus</i> (Poir.) T. Durand & Schinz	Poaceae	Eury-méd	Hém	X	X
<i>Anisantha rubens</i> (L.) Nevski	Poaceae	Méd	Th	X	
<i>Anogramma leptophylla</i> (L.) Link	Pteridaceae	Subcosm	Th		X
<i>Arbutus unedo</i> L.	Ericaceae	Méd-Atl	Ph		X
<i>Arisarum vulgare</i> subsp. <i>hastatum</i> (Pomel) Dobignard	Araceae	Eury-méd	Géo	X	X
<i>Aristolochia paucinervis</i> Pomel	Aristolochiaceae	Subend Tyrrhénien	Géo	X	
<i>Arum italicum</i> Mill.	Araceae	Méd	Géo	X	X
<i>Arundo donax</i> L.	Poaceae	Subcosm	Géo	X	
<i>Asperula laevigata</i> L	Rubiaceae	Eury-méd	Hém	X	X
<i>Asphodelus ramosus</i> L. subsp. <i>ramosus</i>	Xanthorrhoeaceae	Méd	Géo	X	
<i>Asplenium onopteris</i> L.	Aspleniaceae	Eury-méd	Hém		X
<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth	Woodsiaceae	Holar	Hém		X
<i>Bellis annua</i> L. subsp. <i>annua</i>	Asteraceae	Méd	Th	X	X
<i>Bellis prostrata</i> Pomel	Asteraceae	End Alg Tun Mar	Th		X
<i>Bidens aurea</i> (Aiton) Sherff	Asteraceae	Intr	Th	X	
<i>Blackstonia perfoliata</i> subsp. <i>grandiflora</i> (Viv.)	Gentianaceae	Méd	Th		X

Maire					
<i>Bolboschoenus glaucus</i> (Lam.) S.G. Smith	Cyperaceae	Eurosibérien	Géo		X
<i>Borago officinalis</i> L.	Boraginaceae	Méd	Th	X	X
<i>Brassica procumbens</i> (Poir.) O.E. Schulz	Brassicaceae	End Alg-Tun	Hém	X	
<i>Briza maxima</i> L.	Poaceae	Méd	Th	X	
<i>Calicotome villosa</i> (Poir.) Link	Fabaceae	Méd	Ph	X	
<i>Callitriche obtusangula</i> Le Gall	Callitrichaceae	Méd- atl	Hyd	X	X
<i>Campanula dichotoma</i> L.	Campanulaceae	Méd	Th	X	X
<i>Cardamine hirsuta</i> L.	Brassicaceae	Subcosm	Th	X	
<i>Carex distachya</i> Desf.	Cyperaceae	Euras	Hém	X	
<i>Carex distans</i> L.	Cyperaceae	Paléotemp	Hém	X	
<i>Carex remota</i> L.	Cyperaceae	Euras	Hém	X	
<i>Castanea sativa</i> Mill.	Fagaceae	Circum-méd	Ph		X
<i>Catapodium rigidum</i> (L.) C.E.Hubb.	Poaceae	Méd- atl	Th	X	
<i>Celtis australis</i> L.	Ulmaceae	Circum-méd	Ph		X
<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill	Caryophyllaceae	Cosm	Th	X	
<i>Chenopodium album</i> L.	Amaranthaceae	Subcosm	Th	X	
<i>Circaea lutetiana</i> L.	Onagraceae	Circum-boréal	Géo	X	
<i>Cistus monspeliensis</i> L.	Cistaceae	Méd	Ph	X	X
<i>Cistus salviifolius</i> L.	Cistaceae	Méd	Ph	X	X
<i>Clematis flammula</i> L.	Ranunculaceae	Circum-méd	Ph		X
<i>Clinopodium vulgare</i> subsp. <i>arundanum</i> (Boiss.) Nyman	Lamiaceae	Holar	Hém		X
<i>Cyclamen africanum</i> Boiss. & Reut.	Primulaceae	End Alg-Tun-Mar	Géo		X
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae	Cosm	Géo	X	X
<i>Cynoglossum clandestinum</i> Desf.	Boraginaceae	Méd	Th	X	
<i>Cyperus rotundus</i> L. subsp. <i>rotundus</i>	Cyperaceae	Trop	Géo	X	
<i>Cytisus villosus</i> Pourr.	Fabaceae	Méd	Ph		X
<i>Daphne gnidium</i> L.	Thymelaeaceae	Méd	Ph		X
<i>Daucus carota</i> subsp. <i>maximus</i> (Desf.) Ball	Apiaceae	Paléotemp	Hém	X	
<i>Daucus virgatus</i> (Poir.) Maire	Apiaceae	End Alg-Tun	Hém	X	X

<i>Drimia numidica</i> (Jord. & Fourr.) J.C. Manning & Goldblatt	Asparagaceae	End Alg-Tun-Esp	Géo	X	X
<i>Echinops spinosus</i> L.	Asteraceae	Méd	Hém	X	
<i>Erica arborea</i> L.	Ericaceae	Méd	Ph	X	X
<i>Erigeron canadensis</i> L.	Asteraceae	Intr	Th	X	X
<i>Eryngium pusillum</i> L.	Apiaceae	Méd	Hém	X	
<i>Euphorbia biumbellata</i> Poir.	Euphorbiaceae	Méd	Hém	X	
<i>Euphorbia cuneifolia</i> Guss.	Euphorbiaceae	End Alg-Tun-Itl	Th	X	
<i>Euphorbia helioscopia</i> L. subsp. <i>helioscopia</i>	Euphorbiaceae	Subcosm	Th	X	
<i>Euphorbia terracina</i> L.	Euphorbiaceae	Circum-méd	Ch	X	
<i>Fedia graciliflora</i> Fisch. & C.A. Mey.	Valerianaceae	Méd	Th	X	X
<i>Ficaria verna</i> subsp. <i>grandiflora</i> (Robert) Hayek	Ranunculaceae	Euras	Hém		X
<i>Ficus carica</i> L.	Moraceae	Circum-méd	Ph		X
<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl	Oleaceae	Méd	Ph	X	X
<i>Fumaria capreolata</i> L.	Papaveraceae	Méd- atl	Th	X	X
<i>Galactites mutabilis</i> Durieu	Asteraceae	End Alg-Tun	Th	X	
<i>Galium aparine</i> L. subsp. <i>aparine</i>	Rubiaceae	Subcosm	Th	X	
<i>Galium palustre</i> subsp. <i>elongatum</i> (C. Presl) Lange	Rubiaceae	Circum-boréal	Hém	X	X
<i>Galium rotundifolium</i> L.	Rubiaceae	Eury-méd	Hém		X
<i>Genista ferox</i> (Poir.) Dum. Cour. subsp. <i>ferox</i>	Fabaceae	End Alg-Tun-Itl	Ph		X
<i>Geranium columbinum</i> L.	Geraniaceae	Paléotemp	Th	X	
<i>Geranium dissectum</i> L.	Geraniaceae	Paléotemp	Th	X	
<i>Geranium molle</i> L. subsp. <i>molle</i>	Geraniaceae	Paléotemp	Th	X	X
<i>Geranium robertianum</i> subsp. <i>purpureum</i> Vi.	Geraniaceae	Eury-méd	Th	X	X
<i>Glebionis segetum</i> (L.) Fourr	Asteraceae	Eury-Circum-méd	Th	X	
<i>Hedera algeriensis</i> Hibberd	Araliaceae	End Alg-Tun	Ph		X
<i>Hordeum murinum</i> subsp. <i>leporinum</i> (Link) Arcang.	Poaceae	Eury-méd	Th	X	
<i>Hyoseris radiata</i> L.	Asteraceae	Méd	Hém		X

<i>Hypericum androsaemum</i> L.	Hypericaceae	Paléotemp	Ch		X
<i>Hypericum montanum</i> L.	Hypericaceae	Eury-méd	Hém		X
<i>Illecebrum verticillatum</i> L.	Caryophyllaceae	Eury-méd	Th		X
<i>Iris pseudacorus</i> L.	Iridaceae	Eury-méd	Hém	X	
<i>Iris unguicularis</i> Poir.	Iridaceae	End Alg-Tun	Géo	X	X
<i>Isoetes histrix</i> Durieu ex Bory	Isoetaceae	Méd-Atl	Hém	X	X
<i>Juncus bufonius</i> L.	Juncaceae	Cosm	Th	X	
<i>Juncus heterophyllus</i> L. M. Dufour	Juncaceae	Méd	Hyd	X	X
<i>Lamarckia aurea</i> (L.) Moench	Poaceae	Méd	Th	X	
<i>Lamium flexuosum</i> Ten.	Lamiaceae	Méd	Hém		X
<i>Laurus nobilis</i> L.	Lauraceae	Méd	Ph		X
<i>Lavandula stoechas</i> L.	Lamiaceae	Méd	Ch	X	X
<i>Lemna minor</i> L.	Lemnaceae	Méd	Hyd	X	X
<i>Leontodon tuberosus</i> L.	Asteraceae	Méd	Hém		X
<i>Linaria pinifolia</i> (Poir.) Thell.	Plantaginaceae	End Alg-Tun	Ch	X	
<i>Linaria reflexa</i> (L.) Chaz.	Plantaginaceae	Méd	Th		X
<i>Linum bienne</i> Mill.	Linaceae	Méd-Atl	Th		X
<i>Lobularia maritima</i> (L.) Desv.	Brassicaceae	Circum-méd	Ch	X	
<i>Lotus corniculatus</i> subsp. <i>preslii</i> (Ten.) P. Fourn.	Fabaceae	Méd	Hém	X	X
<i>Lysimachia arvensis</i> (L.) B. Bock	Primulaceae	Subcosm	Th	X	X
<i>Lythrum junceum</i> Banks & Sol.	Lythraceae	Méd	Géo	X	
<i>Malva sylvestris</i> L.	Malvaceae	Paléotemp	Hém	X	
<i>Medicago arabica</i> (L.) Huds.	Fabaceae	Eury-méd	Th	X	
<i>Medicago murex</i> Willd.	Fabaceae	Méd	Th	X	
<i>Mentha aquatica</i> L.	Lamiaceae	Subcosm	Hém	X	.
<i>Mentha pulegium</i> L. subsp. <i>pulegium</i>	Lamiaceae	Eury-méd	Hém	X	X
<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh subsp. <i>suaveolens</i>	Lamiaceae	Eury-méd	Hém	X	X
<i>Myosotis ramosissima</i> Rochel subsp. <i>ramosissima</i>	Boraginaceae	Euras	Th	X	
<i>Mysiophyllum alternifolium</i> DC.	Haloragaceae	Méd- atl	Hyd	X	

<i>Myrtus communis</i> L.	Myrtaceae	Méd	Ph	X	X
<i>Nerium oleander</i> L.	Apocynaceae	Méd	Ph		X
<i>Oenanthe virgata</i> Poir.	Apiaceae	End Alg-Tun-Mar	Hém	X	
<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	Cactaceae	Cult	Ph		X
<i>Osmunda regalis</i> L.	Osmundaceae	Subcosm	Hém		X
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Oxalidaceae	Cosm	Géo		X
<i>Oxalis pes-caprae</i> L.	Oxalidaceae	Intr	Géo	X	X
<i>Phalaris paradoxa</i> L.	Poaceae	Méd	Th	X	
<i>Phillyrea latifolia</i> L.	Oleaceae	Méd	Ph	X	X
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	Poaceae	Subcosm	Hél	X	
<i>Pistacia lentiscus</i> L.	Anacardiaceae	Méd	Ph	X	X
<i>Plagius maghrebinius</i> Vogt & Greuter	Asteraceae	End Alg-Tun-Mar	Ch		X
<i>Plantago lagopus</i> L.	Plantaginaceae	Méd	Hém	X	X
<i>Plantago lanceolata</i> L.	Plantaginaceae	Euras	Th	X	
<i>Poa annua</i> L. subsp. <i>annua</i>	Poaceae	Cosm	Th	X	X
<i>Poa trivialis</i> L.	Poaceae	Euras	Hém	X	X
<i>Polygonum aviculare</i> L.	Polygonaceae	Méd	Th	X	X
<i>Polypodium cambricum</i> L. subsp. <i>cambricum</i>	Polypodiaceae	Méd- atl	Hém		X
<i>Polystichum setiferum</i> (Forssk.) T. Moore ex Woyn.	Dryopteridaceae	Méd- atl	Hém		X
<i>Potentilla reptans</i> L.	Rosaceae	Euras	Hém	X	X
<i>Prunus avium</i> (L.) L.	Rosaceae	Eury-méd	Ph		X
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	Dennstaedtiaceae	Subcosm	Géo		X
<i>Quercus canariensis</i> Willd	Fagaceae	Méd	Ph		X
<i>Quercus suber</i> L.	Fagaceae	Méd- atl	Ph		X
<i>Radiola linoides</i> Roth.	Linaceae	Eury-méd	Th	X	
<i>Ranunculus macrophyllus</i> Desf.	Ranunculaceae	Méd	Géo	X	X
<i>Ranunculus muricatus</i> L.	Ranunculaceae	Méd	Th	X	
<i>Ranunculus parviflorus</i> L.	Ranunculaceae	Méd	Th	X	
<i>Retama raetam</i> subsp. <i>bovei</i> (Spach) Talavera & Gibbs	Fabaceae	Méd	Ph		X

<i>Rhamnus alaternus</i> L.	Rhamnaceae	Méd	Ph		X
<i>Rosa sempervirens</i> L.	Rosaceae	Méd- atl	Ph	X	X
<i>Rubia peregrina</i> subsp. <i>longifolia</i> (Poir.) O. Bolòs	Rubiaceae	Méd- atl	Ch	X	X
<i>Rubus incanescens</i> (DC.)	Rosaceae	Méd	Ph	X	X
<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	Rosaceae	Eury-méd	Ph	X	X
<i>Rumex conglomeratus</i> Murray	Polygonaceae	Eury-méd	Hém	X	
<i>Rumex pulcher</i> L.	Polygonaceae	Eury-méd	Hém	X	
<i>Salix pedicellata</i> Desf.	Salicaceae	Méd	Ph	X	X
<i>Schoenoplectus supinus</i> (L.) Palla	Cyperaceae	Cosm	Th		X
<i>Schoenus nigricans</i> L.	Cyperaceae	Subcosm	Hém	X	
<i>Scolymus hispanicus</i> L.	Asteraceae	Méd	Hém	X	
<i>Sedum cepaea</i> L.	Crassulaceae	Eury-méd	Th		X
<i>Selaginella denticulata</i> (L.) Spring	Selaginellaceae	Méd	Ch		X
<i>Sherardia arvensis</i> L.	Rubiaceae	Eury-méd	Th	X	X
<i>Silene gallica</i> L.	Caryophyllaceae	Subcosm	Th	X	X
<i>Silene laeta</i> (Aiton) Godr.	Caryophyllaceae	Circum-méd	Géo	X	
<i>Smilax aspera</i> L.	Smilacaceae	Circum-méd	Ph		X
<i>Smyrniolus olusatrum</i> L.	Apiaceae	Méd- atl	Hém		X
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Asteraceae	Cosm	Th	X	X
<i>Sparganium erectum</i> L. subsp. <i>erectum</i>	Typhaceae	Euras	Géo	X	
<i>Stachys marrubifolia</i> Viv.	Lamiaceae	Subend Tyrrhénien	Th	X	
<i>Stachys ocymastrum</i> (L.) Briq.	Lamiaceae	Méd	Th	X	
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Caryophyllaceae	Subcosm	Th		X
<i>Tetragonolobus biflorus</i> (Desr.) DC.	Fabaceae	Méd	Th	X	
<i>Tolpis barbata</i> (L.) Gaertn.	Fabaceae	Méd	Th	X	
<i>Trifolium arvense</i> L.	Fabaceae	Paléotemp	Th	X	
<i>Trifolium campestre</i> Schreb.	Fabaceae	Paléotemp	Th	X	X
<i>Trifolium pratense</i> L.	Fabaceae	Paléotemp	Hém	X	
<i>Typha domingensis</i> Pers.	Typhaceae	Subcosm	Hém	X	
<i>Ulmus minor</i> Mill.	Ulmaceae	Eury-méd	Ph	X	X

### CHAPITRE. III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

<i>Umbilicus rupestris</i> (Salisb.) Dandy	Crassulaceae	Méd- atl	Géo		X
<i>Verbascum sinuatum</i> L.	Scrophulariaceae	Circum-méd	Hém		X
<i>Veronica cymbalaria</i> Bodard	Plantaginaceae	Circum-méd	Th		X
<i>viburnum tinus</i> L.	Caprifoliaceae	Méd	Ph		X
<i>Vicia altissima</i> Desf.	Fabaceae	Méd	Hém	X	X
<i>Viola riviniana</i> Rehb.	Violaceae	Eury-méd	Hém		X

End : endémique, Alg : Algérie, Tun : Tunisie, Mar : Maroc, Itl : Italie, Esp : Espagne, Intr : introduit, Méd : méditerranéen, Atl : atlantique, Trop : tropical, Paléotemp : paléotempéré, Cosm : cosmopolite, Holar : holarctique, Euras : eurasienn, Cult : cultivé, Th : thérophyte, Hém : hémicryptophyte, Ch : chaméphyte, Géo : géophyte, Ph : phanérophyte, Hél : hélrophyte, Hyd : hydrophyte, X : présence.

### 3.2. Diversité biologique

Les thérophytes ont été nettement le type biologique le plus abondant, représenté par 57 espèces, ce qui constitue 32,75% de l'ensemble des taxons répertoriés, viennent ensuite les hémicryptophytes (47 taxons), les phanérophytes (34 taxons), les géophytes (21 taxons), les chamaephytes (9 taxons), les hydrophytes (5 taxons) et enfin les hélrophytes (1 taxon) (Fig 8). Ce cortège est, selon les systèmes, mêlé d'espèces transgressives de différents milieux plus ou moins ouverts et plus ou moins hydrophiles :

- des espèces forestières, comme *Quercus canariensis* Willd, *Quercus suber* L., *Ulmus minor* Mill., *Acanthus mollis* L., *Viburnum tinus* L., *Hypericum androsaemum* L., *Polystichum setiferum* (Forssk.) T. Moore ex Woyn. et *Viola riviniana* Rchb.
- des espèces hydrophytiques, comme *Lemna minor* L., *Myriophyllum alternifolium* DC. et *Callitriche obtusangula* Le Gall., ce dernier taxon présente un important recouvrement dans la mare Aoural.
- des espèces hygrophytiques, comme *Alisma lanceolatum* With., *Lythrum junceum* Banks & Sol., *Mentha suaveolens* Ehrh subsp. *suaveolens*, *Schoenus nigricans* L., *Sparganium erectum* L. subsp. *erectum*, *Mentha pulegium* L. et *Bolboschoenus glaucus* (Lam.) S.G. Smith
- des espèces de pelouses, qui comprennent à la fois les espèces amphibies de mare temporaire (*Cyperus rotundus* L. subsp. *rotundus*, *Silene laeta* (Aiton) Godr., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Typha domingensis* Pers. et *Iris pseudacorus* L.) et les espèces de pelouses thérophytiques (*Ranunculus muricatus* L., *Isoetes histrix* Durieu ex Bory, *Juncus bufonius* L., *Plantago lanceolata* L., *Polygonum aviculare* L., *Silene gallica* L. et *Geranium dissectum* L.).

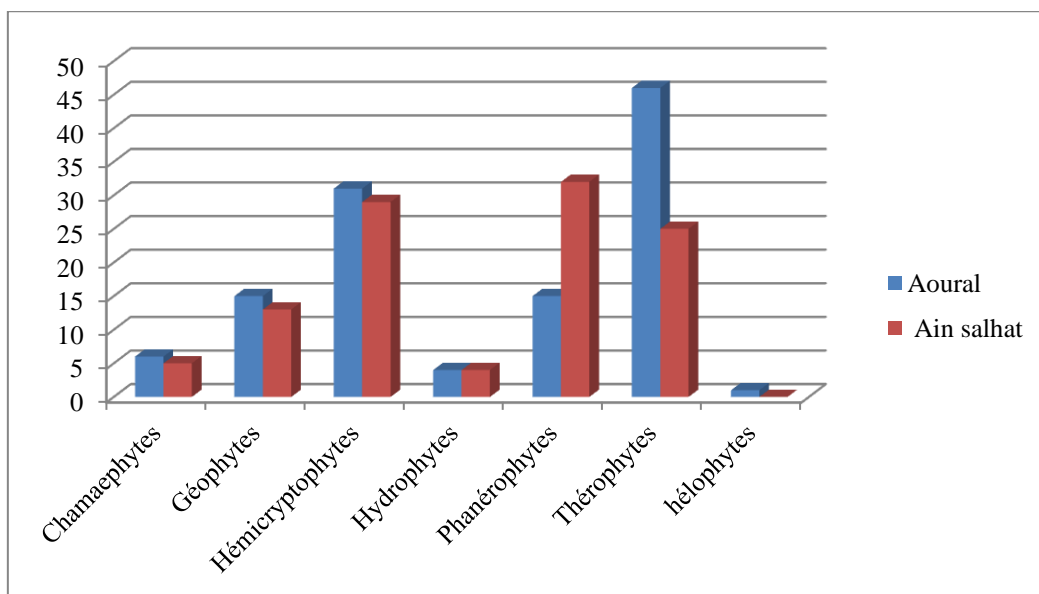


Figure 8 : Spectre biologique global de deux mares étudiées.

Les thérophytes sont bien représentées dans la mare d'Aroual. Vient s'ajouter la distribution des taxons phanérophytes est observée avec la plus grande fréquence dans la mare d'Ain Salhat (32 taxons) suivi par les hémicryptophytes (29 taxons) dans la mare d'Aroual. La fréquence élevée des Thérophytes atteste de la perturbation de ces milieux étudiés (incendie, pâturage, défrichement...) (Barbéro et al., 1990).

### **3.3. Diversité biogéographique**

Les espèces recensées appartiennent à plusieurs ensembles chorologiques :

- Ensemble méditerranéen : cet ensemble domine avec 105 espèces, soit 60,34 % de la flore répertoriée, dont 67 pour l'élément de liaison méditerranéen (*sensu stricto*), 23 pour l'élément de liaison eury-méditerranéen et 15 pour l'élément de liaison méditerranéen atlantique. Dans cet ensemble, les familles les plus riches sont celles qui sont le mieux représentées dans la flore étudiée. La famille des *Fabaceae* compte 9 taxons, celles des *Poaceae* (7 taxons), des *Asteraceae* et des *Lamiaceae* 6 taxons pour chacun. D'autres familles possèdent 4 voire 1 taxon (Fig 9).
- Ensemble de large répartition : cet ensemble regroupe 25 espèces, soit 14,36% de la flore étudiée. Il est présenté par 22 taxons cosmopolites (incluant les subcosmopolites) répartis en 16 familles et trois taxons d'origine tropicale (*Achyranthes sicula* (L.) All., *Alternanthera sessilis* (L.) R.Br. ex DC et *Cyperus rotundus* L. subsp. *rotundus*).
- Ensemble nordique : ces espèces représentent 14,36 % de la flore étudiée (25 taxons). L'élément paléotempéré est représenté par 11 taxons, suivi par l'élément eurasién avec 9 taxons, l'élément boréal et l'élément holarctique par 2 taxons pour chacun, l'élément eurosibérien n'est représenté que par un seul taxon.
- Ensemble d'espèces introduites : cet ensemble est représenté par 5 espèces dont une espèce cultivée (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.).
- Ensemble endémique : 15 espèces représentent cet ensemble soit 8,62 % de la flore inventoriée. Dix familles présentent des taxons endémiques dont la famille des *Asteraceae* est la plus diversifiée avec 3 taxons.

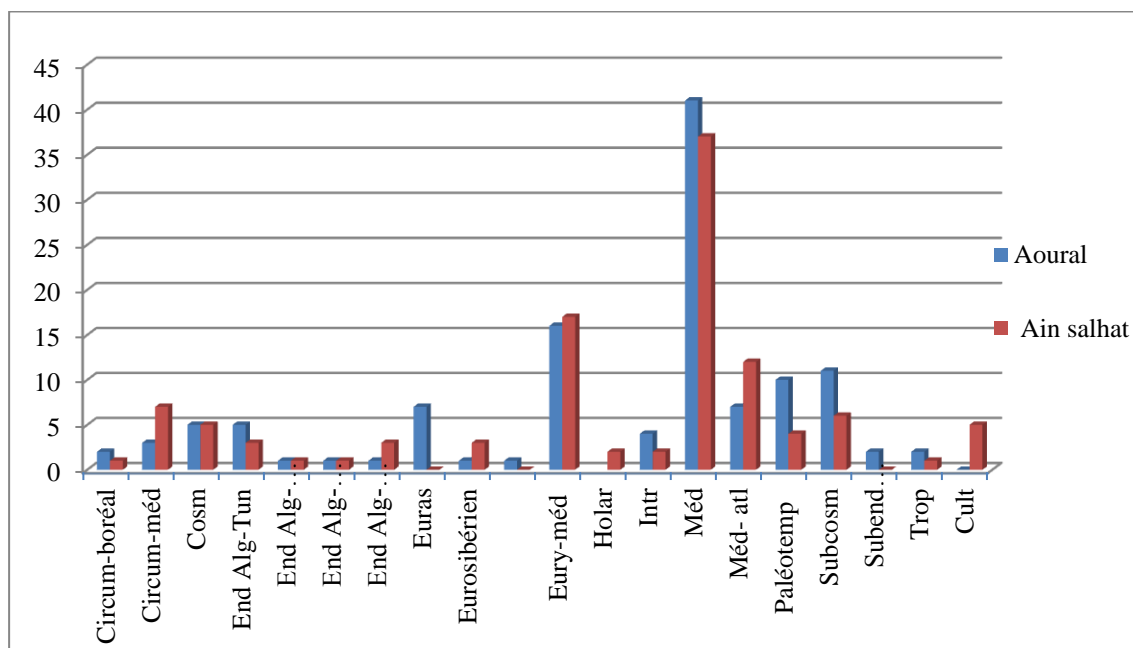


Figure 9: La distribution des types biogéographiques dans les deux mares étudiées.

Les espèces méditerranéennes, sub-cosmopolites, paléotemporées, eury-méditerranéennes et eurasienne sont les plus caractéristiques de la station Aoural. Tandis que les espèces méditerranéennes, médi-atlantiques, eury-méditerranéen et circum-méditerranéens sont les plus fréquentes dans la station Ain Salhat.

L'appartenance des espèces végétales à plusieurs aires biogéographiques permet de constater que l'origine de la diversité biologique spécifique à la petite Kabylie (Quézel & Santa, 1962-1963), est liée à des conditions écologiques propices au maintien de ces espèces (de Bélair, 1996). La zone d'étude abrite un cortège floristique très riche au plan de l'origine biogéographique. Elle réunit notamment à l'élément méditerranéen, un élément nordique (paléotempéré/circumboréal/eurasien) et un élément plurirégional.

### 3.4. Valeur patrimoniale des taxons étudiés

La flore rare de la région d'étude compte vingt espèces (*sensu* Quézel et Santa 1962-1963), parmi lesquelles, deux se retrouvent sur la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) avec différents statuts : Quasi menacée pour *Bellis prostrata* Pomel et *Juncus heterophyllus* L. M. Dufour (Tab 2)

En ce qui concerne les catégories d'endémisme, les deux mares échantillonnées recèlent 15 sont endémiques ou subendémiques. Ce sont surtout des endémiques algéro-tunisiens (6 taxons) ou algéro-tuniso-marocains (4 taxons). Les espèces rares n'ont pas toujours la même valeur patrimoniale. Certaines d'entre elles sont à la fois endémiques et rares, comme (*Aristolochia paucinervis* Pomel, *Daucus virgatus* (Poiret) Maire, *Linaria pinifolia* (Poir) Thell et *Stachys marrubifolia* Viv). Cette relation entre la rareté et l'endémisme est

### CHAPITRE. III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

remarquable dans la flore étudiée. Environ de la moitié des taxons endémiques au sens large, sont rares. Sept taxons endémiques largement distribués sur le territoire national sont notés dans notre liste (ex. *Drimia numidica* (Jord et Fourr.) J.C. Manning et Goldblatt, *Genista ferox* (Poir.) Dum. Cour. subsp. *ferox* et *Plagius maghrebinus* Vogt et Greuter).

En outre, deux espèces sont protégées selon la législation algérienne (Décret exécutif n°12/03 du 4 janvier 2012 fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées qui en comporte 449) : *Bellis prostrata* Pomel et *Cyclamen africanum* Boiss et Reut.

Tableau 2 : Liste des espèces patrimoniales de la région étudiée [Protection nationale selon JORA (2012) /évaluation selon l'UICN (2025)].

Taxon	Endémisme	Rareté en Algérie	JORA 2012	UICN 2025
<i>Alternanthera sessilis</i> (L.) R.Br. ex DC		RR		
<i>Aristolochia paucinervis</i> Pomel	Tyrrhénienne	R		
<i>Bellis prostrata</i> Pomel	Alg-Tun-Mar	RR	P	NT
<i>Brassica procumbens</i> (Poir.) O.E. Schulz	Alg-Tun			
<i>Castanea sativa</i> Mill.		RR		
<i>Cyclamen africanum</i> Boiss. & Reut	Alg-Tun-Mar		P	
<i>Daucus virgatus</i> (Poir.) Maire	Alg-Tun	R		
<i>Drimia numidica</i> (Jord. & Fourr.) J.C. Manning & Goldblatt	Alg-Tun-Esp			
<i>Eryngium pusillum</i> L.		R		
<i>Euphorbia biumbellata</i> Poir.		R		
<i>Euphorbia cuneifolia</i> Guss.	Alg-Tun-Itl	AR		
<i>Galactites mutabilis</i> Durieu	Alg-Tun	AR		
<i>Genista ferox</i> (Poir.) Dum. Cour. subsp. <i>ferox</i>	Alg-Tun-Itl			
<i>Geranium columbinum</i> L.		R		
<i>Geranium dissectum</i> L.		R		
<i>Hedera algeriensis</i> Hibberd	Alg-Tun			
<i>Hypericum androsaemum</i> L.		R		
<i>Hypericum montanum</i> L.		R		
<i>Illecebrum verticillatum</i> L.		RR		
<i>Iris unguicularis</i> Poir.	Alg-Tun			
<i>Juncus heterophyllus</i> L. M. Dufour		R		NT
<i>Linaria pinifolia</i> (Poir.) Thell.	Alg-Tun	R		
<i>Myriophyllum alternifolium</i> DC.		R		
<i>Oenanthe virgata</i> Poir.	Alg-Tun-Mar			
<i>Plagius maghrebinus</i> Vogt & Greuter	Alg-Tun-Mar			
<i>Radiola linoides</i> Roth.		R		
<i>Stachys marrubiifolia</i> Viv.	Tyrrhénienne	R		
<i>Viola riviniana</i> Rchb.		R		

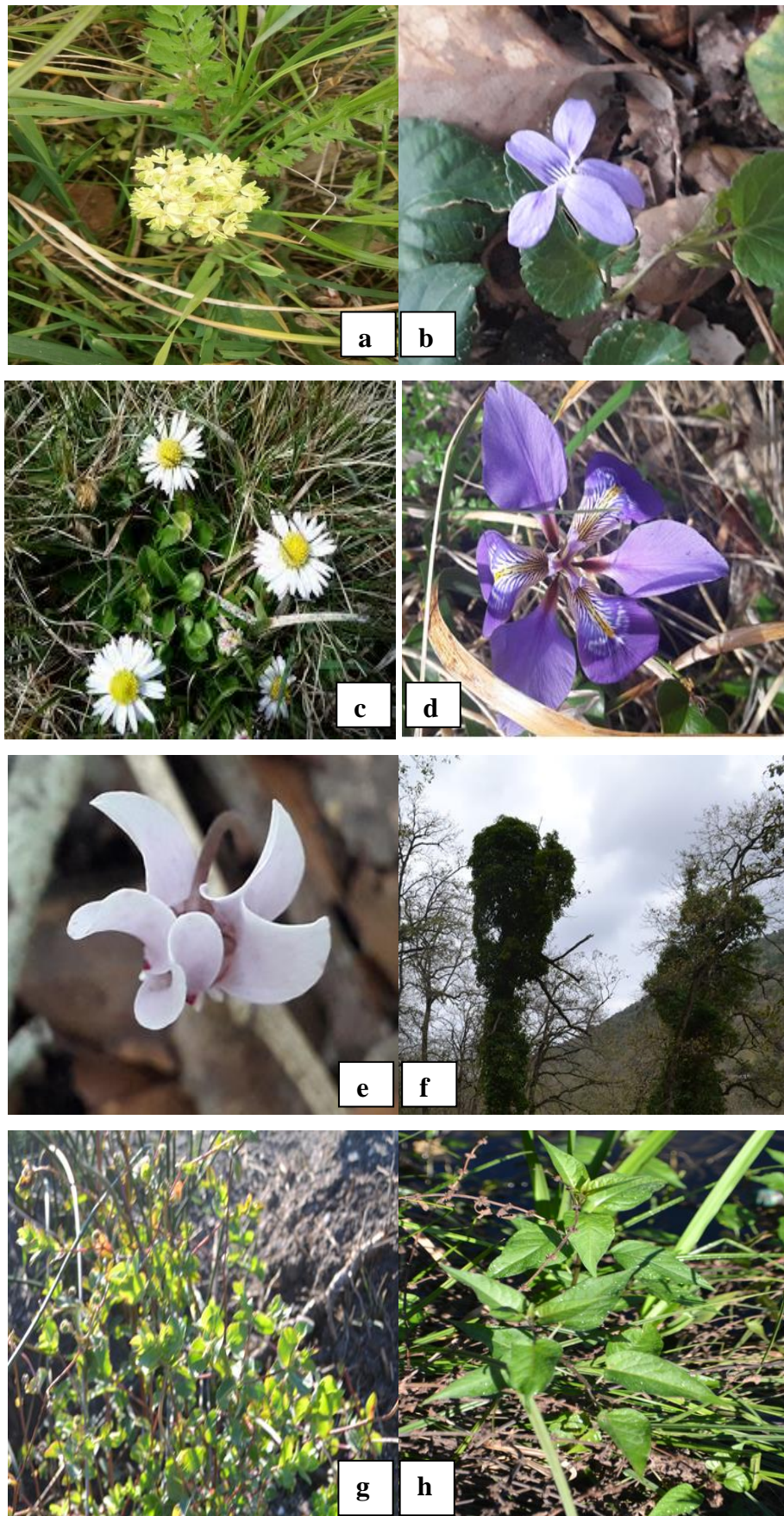


Figure 10 : a. *Euphorbia cuneifolia* Guss., b. *Viola riviniana* Rchb., c. *Bellis prostrata* Pomel, d. *Iris unguicularis* Poir., e. *Cyclamen africanum* Boiss. & Reut, f. *Hedera algeriensis* Hibberd, g. *Euphorbia biumbellata* Poir., h. *Alternanthera sessilis* (L.) R.Br. ex DC (Clichés Ali Tatar, 2022).

### **III.4. Discussion**

#### **4.1. Composante floristique, biologique et chorologique**

La diversité floristique des deux mares étudiées, avec 174 espèces recensées, est la plus élevée pour des mares temporaires du secteur de la petite Kabylie (Benhassine-Gherzouli, 2013). Ces espèces constituent un cortège floristique caractéristique des mares temporaires, relativement moyennement riche en comparaison avec le cortège de la Numidie (de Bélair, 2005 ; Allem et *al.*, 2017). Mis à part quelques particularités locales, la typologie de la végétation des mares d'Oued Zhor ne diffère pas du cadre général méditerranéen : communautés herbacées à développement décroissant de la zone inondée vers la zone exondée, sur des broussailles humides et enfin, formations méditerranéennes sclérophylles en fin de succession (Rhazi et *al.*, 2001 ; Bonnet et *al.*, 2005 ; Ferchichi-Ben Jamaa et *al.*, 2010 ; Bouldjedri et *al.*, 2011 ; Laribi et *al.*, 2016 ; Fetnaci et *al.*, 2019 ; Ali Tatar et *al.*, 2023).

Les thérophytes (57 taxons) composent principalement le spectre biologique autour de la mare Aoural et Ain Salhat. La dominance des espèces annuelles traduit l'adaptation des communautés à l'imprévisibilité des conditions environnementales (Deil, 2005 ; Williams, 2006 ; Megharbi et *al.*, 2016), en favorisant les espèces à cycle court qui investissent plus dans la reproduction sexuée que dans le développement végétatif (Allem et *al.*, 2017 ; Fetnaci et *al.*, 2019). L'examen des principaux types chorologiques rencontrés dans les deux mares étudiées confirme la dominance de l'élément méditerranéen, souligné par Quézel (2002) pour l'ensemble des pays de l'Afrique du Nord.

Vingt-huit taxons remarquables (endémiques, rares, protégés ou menacés) d'angiospermes ont été signalés dans nos mares étudiées. Toutes ces espèces recensées présentent une grande valeur en termes de conservation, soit pour des raisons patrimoniales, ou pour leur risque d'extinction (Gaston et *al.*, 1999 ; Véla et Benhouhou, 2007 ; Hamel et *al.*, 2013).

### **III. 5. Conclusion**

Les résultats présentés dans le cadre de l'étude de deux tourbières hautes (Aoural et Ain Salhat) de la Petite Kabylie orientale révèlent la présence de 174 espèces, 119 pour la mare d'Aoural et 109 pour celle d'Ain Salhat. L'analyse pollinique des sédiments de surface des deux mares a permis d'identifier 52 taxons polliniques. Dans la mare d'Ain Salhat, les taxons arborés dominent cet assemblage avec un taux de 47,4 %, suivis des taxons herbacés avec 24,5 %, des taxons arbustifs avec 24,4 % et enfin des taxons indéterminés avec 3,7 %, ce qui est dû à la position de la mare, située en milieu forestier. En revanche, dans la mare d'Aoural, les taxons herbacés dominent le spectre avec 37 %, suivis des taxons arborés avec 36 %, des taxons arbustifs (23,4 %) et enfin des taxons indéterminés avec environ 3,6 %.

La contribution de l'analyse pollinique à la connaissance de la flore actuelle des deux mares étudiées est de 58 %. Au total, 186 espèces ont été identifiées par ces deux méthodes, dont 12 espèces n'ont été observées que dans le spectre pollinique. L'étude floristique et l'analyse pollinique sont donc deux méthodes d'étude complémentaires.

**CHAPITRE. IV**  
**CARACTERISATION EDAPHIQUE DES**  
**SITES D'ETUDE**

### **IV. 1. Introduction**

Le sol est défini comme un élément principal de l'environnement qui règle la répartition de la végétation. Il se développe en fonction de la nature de la roche-mère, la topographie et les caractéristiques du climat (Ozenda, 1954).

Duchaufour, (1977) souligne que le sol est une réserve de substances nutritives et un milieu stable pour l'activité biologique. Le sol des régions méditerranéennes est souvent exposé aux phénomènes de dégradation, qui sont le résultat fréquent de pratiques très anciennes. Les principaux facteurs responsables de ces interactions sont l'homme et le climat. La nature et les propriétés générales d'un sol sont définies par plusieurs caractères fondamentaux ; d'ordre physique, chimique et biologique.

La tourbe est constituée au minimum de 20 à 30% et jusqu'à 97% de matière organique mal dégradée. Les sols tourbeux se caractérisent par la présence d'une couche organique d'au moins 30 cm, d'épaisseur résultant de l'accumulation d'une couche organique moins décomposée provenant généralement d'une végétation dense et variée. La matière organique mal dégradée provient de l'accumulation, sur de longues périodes –de l'ordre du siècle ou du millénaire- de résidus végétaux (bryophytes et plantes supérieures) dans un environnement toujours humide. Les tourbières constituent les archives écologiques d'une région. Dans la tourbe le matériel végétal (spores, graines de pollen, graines, algues, feuilles des plantes, ...) sont parfaitement conservés à l'abri d'une oxydation corrosive (Manneville et al., 2006).

La compréhension fine des caractéristiques pédologiques requiert la mise en œuvre d'analyses de laboratoire approfondies. À cet effet, des analyses physico-chimiques des sols ont été conduites dans des milieux forestiers et des tourbières, qui contribuent à la structuration des formations végétales de la Petite Kabylie de Collo, dans le but de déterminer la composition des sols et d'analyser leur rôle dans la distribution de la végétation actuelle.

**IV.2. Résultats et Discussion**

**2.1. Caractérisations morfo-analytiques des sols**

**2.1.1. Station : 01 – Anchid (Profil N : 01) Forêt mixte**

**Fiche de description N : 01**

**Position géographique :** N : 36° 56. 385', E : 006° 17. 259', altitude: 393m.

**La géologie :** Grés de Numidie.

**La géomorphologie :** pente orientation Nord-Ouest.

**La végétation :** chêne zeen (*Quercus canariensis*), chêne liège (*Quercus suber*), Bruyère arborescente (*Erica arborea*), l'arbousier (*Arbutus unedo*), l'aulne glutineux (*Alnus glutinosa*) et Orme champêtre (*Ulmus minor*).

Tableau 3 : Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station d'Anchid.

Station	Horizon (cm)	La granulométrie %				pH <sub>eau</sub>	pH <sub>KCl</sub>	C.E	MO%	CO%	H%
		A	L	SG	SF						
ANCH1	0-10	29.9	20.27	34.7	15.12	6.65	6.04	222	4.24	2.46	3.92
ANCH2	10-30	32.64	19.93	35.21	12.22	6.52	5.83	101	4.35	2.52	3.28

L'analyse granulométrique des horizons du profil pédologique de la station d'Anchid révèle une nette prédominance des fractions sableuses et argileuses, avec des proportions excédant 45 %, tandis que les limons restent en dessous de 40 %. Cette composition texturale permet de classer le sol dans la catégorie des sols argilo-sableux (U S D A .2014).

Sur le plan chimique, le sol présente une réaction proche de la neutralité en surface, devenant légèrement acide en profondeur. Cette variation du pH reflète une dynamique pédogénétique influencée par les échanges cationiques et le lessivage des bases (Brady et Weil, 2016). La mesure de la conductivité électrique tout au long du profil confirme une absence de salinité, caractéristique typique des sols bien drainés soumis à un climat relativement humide.

L'humidité hygroscopique, globalement faible dans le profil, peut être attribuée aux propriétés physiques du sol, notamment à sa texture sableuse dominante et à sa porosité, qui limitent sa capacité de rétention d'eau, surtout dans un contexte climatique propice à l'évaporation (Rawls et al., 2003).

En ce qui concerne la matière organique, son contenu montre une distribution relativement homogène, avec une légère augmentation en profondeur. Ce profil d'accumulation pourrait refléter une décomposition avancée de la matière organique en surface et une migration vers

## CHAPITRE. IV : CARACTERISATION EDAPHIQUE DES SITES D'ETUDE

les horizons inférieurs, favorisée par les conditions hydriques du site. Toutefois, la teneur en carbone organique reste inférieure à 3 %, indiquant une faible richesse en matière organique, ce qui est souvent associé à une activité biologique intense ou à un apport exogène limité (Lakehal Ayat et al., 2023).

### 2.1.2. Station : 02 – Ouled Djabalah (Profil N : 02) Forêt de chêne liège.

#### Fiche de description N : 02

**Position géographique :** N : 36° 56. 125', E : 006° 16. 706', altitude: 370m.

**La géologie :** Gneiss.

**La géomorphologie :** pente orientation Nord-Est.

**La végétation :** chêne liège (*Quercus suber*), Bruyère arborescente (*Erica arborea*), l'aubépine (*Crataegus monogyna*), lentisque (*Pistacia lentiscus*), olivier sauvage (*Olea europea*), ciste de Montpellier (*Cistus monspeliensis*), Filaire à large feuille (*Phillyrea latifolia*).

Tableau 4 : Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station  
D'Ouled Djaballah.

Station	Horizon (cm)	La granulométrie %				pH <sub>eau</sub>	pH <sub>KCl</sub>	C.E	MO%	C%	H%
		A	L	SG	SF						
ODJD1	0-10	27.44	17.3	38.23	17.03	6.64	6.22	242	1.74	1.01	2.47
ODJAD2	10-30	33.82	16.75	33.31	16.12	6.69	6.26	94	3.15	1.83	3.2

Les analyses physico-chimiques réalisées dans cette station indiquent une texture sablo-argileuse, révélatrice d'un sol à la fois drainant en surface et modérément apte à retenir l'eau et les nutriments en profondeur (Emerson, 1995). Cette texture résulte vraisemblablement d'une dynamique pédogénétique influencée par l'altération du substrat et les apports minéraux différenciés.

L'évolution du pH mesuré dans l'eau (pH<sub>eau</sub>) au sein du profil pédologique montre une tendance à la neutralisation progressive en profondeur, traduisant une possible diminution de l'acidité liée à la lixiviation des composés organiques et à la redistribution des bases échangeables. Cette tendance est confirmée par les valeurs du pH<sub>KCl</sub>, systématiquement inférieures à celles du pH<sub>eau</sub>, indiquant un complexe adsorbant faiblement saturé en cations basiques, typique des sols faiblement évolués (Brady et Weil, 2016).

## CHAPITRE. IV : CARACTERISATION EDAPHIQUE DES SITES D'ETUDE

En ce qui concerne la matière organique, on observe une légère augmentation de sa teneur en profondeur, accompagnée d'une évolution similaire du carbone organique total, bien que ses valeurs absolues demeurent faibles (< 2 %). Ce profil d'accumulation pourrait refléter une décomposition relativement rapide des résidus en surface et une migration des produits organiques vers les horizons inférieurs (Six et *al.*, 2002). Par ailleurs, le taux d'humidité hygroscopique montre une légère augmentation avec la profondeur, suggérant une influence de la texture fine et de la matière organique sur la capacité du sol à retenir l'eau dans ses couches inférieures (Rawls et *al.*, 2003).

### 2.1.3. Station : 03 – Sandjak (Profil N : 03) Forêt de chêne liège mixte.

#### Fiche de description N : 03

**Position géographique :** N : 36° 59. 483', E : 006° 18. 954', altitude: 740m.

**La géologie :** Grès de Numidie

**La géomorphologie :** pente orientation Est.

**La végétation :** chêne liège (*Quercus suber*), pin maritime (*Pinus pinaster*), Bruyère arborescente (*Erica arborea*), Ciste à feuilles de sauge (*Cistus salviifolius*), ciste de Montpellier (*Cistus monspeliensis*).

Tableau 5 : Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de Sandjak.

Stations	Horizon (cm)	La granulométrie %				pH <sub>eau</sub>	pH <sub>KCl</sub>	C.E	MO%	C%	H%
		A	L	SG	SF						
SDJK1	0-10	14.66	10.24	59.76	15.34	6.95	6.22	172	1.13	1.96	1.66
SDJK2	10-30	10.15	8.52	63.12	18.21	6.72	5.96	75	1.95	3.37	3.08

Les résultats des analyses physico-chimiques indiquent que le sol étudié présente une dominance sableuse, traduisant une texture grossière peu favorable à la rétention d'eau et des nutriments. Le pH mesuré dans l'eau (pH<sub>eau</sub>) affiche des valeurs proches de la neutralité, tandis que l'acidité résiduelle, exprimée par le pH<sub>KCl</sub>, suit une évolution parallèle. Cette tendance suggère une désaturation progressive du complexe adsorbant, probablement en lien avec un appauvrissement en cations basiques échangeables (Brady et Weil, 2016). L'humidité hygroscopique, très faible dans l'ensemble du profil, diminue progressivement avec la profondeur. Elle évolue de façon similaire à la conductivité électrique, laquelle reste

## CHAPITRE. IV : CARACTERISATION EDAPHIQUE DES SITES D'ETUDE

également basse, confirmant que le sol est non salin et présente un faible pouvoir de rétention hydrique, typique des sols sableux et peu structurés (FAO, 2015).

Les teneurs en carbone organique (C%) sont particulièrement faibles et relativement constantes tout au long du profil. De même, les taux de matière organique (MO%) n'affichent que de légères variations verticales, ce qui témoigne d'une faible activité biologique et/ou d'un apport organique limité, conditions fréquentes dans les environnements à couverture végétale clairsemée et soumis à des processus de minéralisation rapides (Samai, 2017).

### 2.1.4. Station : 04 –Khneg el mayou (Profil N : 04) pinède (Pin maritime)

#### Fiche de description N : 04

**Position géographique :** N : 36° 59. 724', E : 006° 18. 149', Z: 660m.

**La géologie :** grès de Numidie.

**La géomorphologie :** pente orientation Nord-ouest.

**La végétation :** pin maritime (*Pinus pinaster*), Bruyère arborescente (*Erica arborea*), Ciste à feuilles de sauge (*Cistus salvifolius*), lentisque (*Pistacia lentiscus*), Filaire à large feuille (*Phillyrea latifolia*).

Tableau 6 : Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la station de  
Khneg el mayou

Station	Horizon (cm)	La granulométrie %				pH <sub>eau</sub>	pH <sub>KCl</sub>	C.E	MO%	CO%	H%
		A	L	SG	SF						
KMAYOU1	0-10	19.04	10.8	51.9	18.26	7.17	6.11	107	2.61	1.51	2.03
KMAYOU2	10-30	27.72	15.27	37.24	19.77	6.82	6.07	58	3.48	2.02	1.59

L'analyse physico-chimique du profil pédologique met en évidence une évolution texturale verticale, caractérisée par une dominance sableuse en surface et une texture argilo-sableuse dans les horizons plus profonds (Gee et Bauder, 1986). Cette transition reflète une dynamique pédogénétique marquée par la mobilité différentielle des particules fines et des processus d'altération du substrat.

Les mesures du pH dans l'eau (pH<sub>eau</sub>) indiquent un sol neutre en surface tendant légèrement vers la neutralité en profondeur, tandis que le pH<sub>KCl</sub> affiche des valeurs systématiquement inférieures, révélant une acidité échangeable modérée et une saturation partielle du complexe adsorbant (Brady et Weil, 2016). Ces tendances traduisent une certaine stabilité chimique du sol dans son ensemble.

## CHAPITRE. IV : CARACTERISATION EDAPHIQUE DES SITES D'ETUDE

La conductivité électrique, très faible tout au long du profil, confirme l'absence de salinité significative. L'humidité hygroscopique reste faible dans tous les horizons, en cohérence avec la texture sableuse majoritaire qui limite la capacité de rétention d'eau. On note néanmoins une légère augmentation de la teneur en matière organique en profondeur, accompagnée d'une évolution similaire du carbone organique, bien que ses taux demeurent faibles (< 2 %). Cette répartition pourrait résulter d'une mobilité verticale des composés organiques ou d'une minéralisation active en surface, favorisant une accumulation progressive dans les horizons inférieurs (Six et al., 2002 ; Samai, 2017).

### 2.1.5. Station : 05 – mare Aoural (Profil N : 05) végétation type aulnaie-ormaise-saussaie à *Alnus glutinosa*

#### Fiche de description N : 05

**Position géographique :** N : 36° 55. 306', E : 006° 16. 354', altitude: 7m.

**La géologie :** alluvion.

**La géomorphologie :** pente orientation Nord-ouest.

**La végétation :** l'aulne glutineux (*Alnus glutinosa*), chêne liège (*Quercus suber*) Orme champêtre (*Ulmus minor*), saule pédicellé (*Salix pedicellata*), Frêne à feuilles étroites (*Fraxinus angustifolia*), Bruyère arborescente (*Erica arborea*), la ronce à feuilles d'Orme (*Rubus ulmifolius*).

Tableau 7 : Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la mare Aoural

Station	Horizon (cm)	La granulométrie %				pH <sub>eau</sub>	pH <sub>KCl</sub>	C.E	MO%	CO%	H%
		A	L	SG	SF						
AOURAL	0-5	19.04	10.8	51.9	18.26	7.15	6.73	199	2.61	1.51	2.03

L'analyse physico-chimique des horizons du sol révèle une texture majoritairement sableuse, conférant au sol une porosité importante mais une capacité réduite de rétention d'eau et de nutriments (Gee & Bauder, 1986). Les mesures du pH dans l'eau (pH<sub>eau</sub>) et du pH en solution de KCl indiquent un sol globalement neutre, suggérant un équilibre chimique stable avec peu d'acidité échangeable. La conductivité électrique, faible sur l'ensemble du profil, confirme l'absence de salinité, ce qui est typique des sols bien drainés, peu soumis à des influences salines externes. De même, l'humidité hygroscopique reste faible dans tous les horizons, ce qui est cohérent avec la texture sableuse et le climat local, limitant la rétention d'eau dans la matrice du sol. En ce qui concerne les composants organiques, les teneurs en matière

#### **CHAPITRE. IV : CARACTERISATION EDAPHIQUE DES SITES D'ETUDE**

organique et en carbone organique sont faibles sur l'ensemble du profil. Toutefois, on observe une légère accumulation en profondeur, traduisant une dynamique de translocation verticale des composés organiques ou un processus de minéralisation plus actif en surface, empêchant leur accumulation dans les horizons supérieurs (Six et *al.*, 2002).

**2.1.6. Station : 06 – mare Ain Salhat (Profil N : 06) végétation type aulnaie-suberaie-zenaie.**

**Fiche de description N : 06** (Fig11).

**Position géographique :** N : 36° 57. 928', E : 006° 18. 049', altitude: 610m.

**La géologie :** grés de Numidie.

**La géomorphologie :** pente orientation Nord-ouest.

**La végétation :** Aulne glutineux (*Alnus glutinosa*), Chêne zeen (*Quercus canariensis*), Chêne liège (*Quercus suber*), Bruyère arborescente (*Erica arborea*), Orme champêtre (*Ulmus minor*), Frêne à feuilles étroites (*Fraxinus angustifolia*).



Figure 11 : Photo d'une carotte pédologique de la mare Ain Salhat (Cliché Ali Tatar, 2016)

**Description morphologique**

- **0 – 15 :** Noir sombre, fibreuse, matière organique peu dégradée, présence de débris organiques reconnaissables (feuilles, branches, ...) peu décomposés, très humide.
- **15 – 23 :** Noir sombre, fibreuse, présence de granules de sable, matière organique peu dégradée, présence de débris organiques reconnaissables (feuilles, branches, ...) peu décomposés, présence de morceau de bois, très humide.
- **23 – 45 :** texture fibreuse plus ou moins riche en matière organique. Cette zone contient des débris organiques et des radicelles. La teinte du dépôt est marron foncé
- **45 – 66** Gris noir foncé, argileuse, massive, beaucoup de racines et de morceaux de bois, saturée en eau, dégagement d'odeur du métal.

## CHAPITRE. IV : CARACTERISATION EDAPHIQUE DES SITES D'ETUDE

- **66 – 90** : Noir ; humide ; sableux ; beaucoup de débris organiques très décomposés ; beaucoup de fibres ; structure particulière à fibreuse peu nette ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique ; quelques taches jaunes ; transition graduelle.
- **90 – 103** : composée de sédiments sableux pauvres en matière organique. Le dépôt est uniforme et de couleur grise.
- **103 – 120** : colorée en Jaune clair; humide ; sableux ; pas de débris organiques ; structure particulière nette ; pas de racines ; pas de trace d'activité biologique.

### Résultats analytique

Les analyses physico-chimiques réalisées ont permis de dresser le tableau N°8.

Tableau 8 : Résultats des analyses physico- chimiques des profils de la mare Ain Salhat.

Horizon (cm)	La granulométrie %					pH <sub>eau</sub>	pH <sub>KCl</sub>	C.E	MO%	C%	H%
	A	LF	LG	SG	SF						
<b>0 - 15</b>	13.12	21.32	16.34	24.14	25.08	5.22	4.07	190	76.62	29.83	17.34
<b>15 - 23</b>	14.96	20.56	17.93	21.85	24.7	5.81	4.13	163	61.21	17.86	10.38
<b>23 - 45</b>	16.45	20.2	19.22	21.11	23.02	5.5	4.12	198	48.57	15.34	8.91
<b>45 - 66</b>	17.08	19.16	20.43	22.21	21.12	5.46	4.17	202	34.35	12.24	7.11
<b>66 - 90</b>	15.07	22.22	19.3	21.23	22.18	5.92	4.41	116	34.5	10.35	6.02
<b>90 - 103</b>	12.47	23.41	16.26	22.45	25.41	5.38	4.27	180	61.94	17.46	10.15
<b>103 - 120</b>	14.05	24.53	16.32	21.24	23.86	5.52	4.22	162	45	13.89	8.07

L'analyse granulométrique a mis en évidence une dominance marquée de la fraction sableuse, représentant plus de 50 % de la composition texturale tout au long du profil. Elle est suivie par une proportion significative de limons (~40 %), tandis que la fraction argileuse demeure inférieure à 20 %, conférant ainsi à ce sol une texture sablo-limoneuse caractéristique.

Les mesures du pH dans l'eau (pH<sub>eau</sub>) indiquent une réaction acide sur l'ensemble du profil, avec des valeurs variant entre 5,22 et 5,92, atteignant un minimum au centre du profil. Ce comportement peut refléter une mobilité verticale des ions H<sup>+</sup> ou une accumulation d'éléments acidifiants dans cette zone (Brady & Weil, 2016). En revanche, l'acidité potentielle, mesurée par le pH<sub>KCl</sub>, reste relativement homogène, malgré ses faibles valeurs, ce qui suggère un complexe adsorbant saturé en cations acides, typique des sols pauvres en bases échangeables (FAO, 2015). L'humidité hygroscopique suit une tendance décroissante avec la profondeur : élevée en surface (environ 76,6 %), elle diminue jusqu'à atteindre 45 % dans les horizons inférieurs. Cette répartition est directement liée à la teneur en matière organique et à

la structure du sol, qui influence fortement la capacité de rétention hydrique. Concernant les paramètres organiques, les teneurs en matière organique et en carbone organique sont plus élevées dans les couches superficielles, traduisant une activité biologique intense et une accumulation de débris végétaux en décomposition à la surface. La diminution progressive avec la profondeur est caractéristique de sols où le taux de minéralisation est élevé en surface, limitant ainsi le transfert vertical des composés organiques (Rabbin *et al.*, 2014 ; Ding *et al.*, 2024).

### **IV.3. Discussion**

L'analyse des profils pédologiques de six stations situées dans la région de Oued Zhor (Anchid, Ouled Djabalah, Sandjak, Khneg El Mayou, Aoural et Ain Salhat) révèle une grande diversité des sols, résultant de la combinaison de facteurs géologiques, climatiques (de type subhumide à humide), et de processus pédogénétiques variés. Cette hétérogénéité témoigne également des dynamiques biologiques et hydriques propres à chaque site, soulignant la nécessité d'une approche intégrée pour évaluer leur potentiel écologique ou/et agricole.

Les sols présentent en majorité des textures sableuses à sablo-argileuses, avec une faible proportion de limons, notamment à Anchid et Sandjak. Cette dominance sableuse induit une porosité élevée, favorable à l'infiltration mais limitant la rétention d'eau et des éléments nutritifs (Gee & Bauder, 1986). L'apparition d'horizons argilo-sableux en profondeur, observée notamment à Anchid et Khneg El Mayou, traduit une différenciation texturale progressive (argilluviation), signe d'une pédogenèse en cours. Ces profils sont caractéristiques de sols intermédiaires entre jeunes sols peu évolués et systèmes pédologiques plus matures.

Les teneurs en matière organique demeurent globalement faibles dans tous les profils (< 5 %), tout comme celles en carbone organique total (< 2,5 %). Ces niveaux reflètent soit une minéralisation rapide en surface, liée à des conditions d'aération et de température favorables, soit une faible production de litière en lien avec une couverture végétale clairsemée (Samai, 2017 ; Six *et al.*, 2002). Dans certaines stations, telles qu'Ain Salhat, une accumulation en surface indique une activité biologique notable, alors qu'à Ouled Djabalah et Khneg El Mayou, l'accumulation en profondeur pourrait résulter de la migration verticale des composés organiques solubles.

L'humidité hygroscopique varie de faible à modérée, avec des valeurs plus élevées dans les horizons riches en argile et en matière organique, et plus faibles dans les couches sableuses de surface (Rawls *et al.*, 2003). Cette répartition traduit une vulnérabilité potentielle au stress hydrique durant la saison sèche, surtout pour les espèces végétales sensibles à la sécheresse.

Dans certains cas (Ouled Djabalalah, Ain Salhat), l'augmentation de l'humidité en profondeur suggère une meilleure capacité de rétention, bénéfique à la végétation en période de déficit hydrique.

Les profils affichent des pH variant de neutres à légèrement acides, avec des variations verticales reflétant le lessivage des bases échangeables dans les stations les plus humides, comme Anchid et Ain Salhat. L'écart observé entre les ( $\text{pH}_{\text{eau}}$ ) et dans ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) met en évidence une acidité échangeable significative, signe d'un complexe adsorbant partiellement désaturé (Brady & Weil, 2016). Cette acidité latente peut influencer sur la disponibilité des nutriments, malgré une stabilité chimique générale.

Les faibles valeurs de conductivité électrique observées dans toutes les stations indiquent des sols non salins, traduisant un bon drainage et l'absence d'apports salins d'origine marine ou agricole (Rengasamy, 2006). Cette faible salinité corrobore le caractère peu minéralisé de ces sols, renforçant l'hypothèse de milieux peu anthropisés et naturellement pauvres en éléments solubles.

#### **IV.4. Relation entre les variables environnementales étudiés et les paramètres du sol**

Les coefficients de similarité  $C_s$  calculés pour les variables étudiées (deux à deux), nous donnent les taux de similitude par rapport aux paramètres du sol. Les taux obtenus ont été soumis à une étude de corrélation en rapport avec les distances qui séparent les variables respectifs (Fig 12).

Les taux de similarités les plus élevés sont enregistrés entre la matière organique et le carbone organique (99 % de ressemblance dans les variables), entre le  $\text{pH}_{\text{eau}}$  et le  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  (95% de ressemblance dans les variables).

Les similitudes les plus faibles ont été enregistrées entre la conductivité électrique et le sable fin et entre le limon et l'argile (8 %). A l'inverse cette analyse a montré une augmentation de  $\text{pH}_{\text{eau}}$  et  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  accompagnée par une diminution de la matière organique et du carbone organique. L'alcalinisation progressive des sols, souvent observée dans divers contextes pédoclimatiques, est susceptible de modifier profondément la dynamique de la matière organique. En particulier, une augmentation du pH favorise la solubilisation des composés organiques et accélère leur minéralisation, conduisant à une diminution de la teneur en carbone organique (You et *al.*, 1999). Ce processus n'est toutefois pas uniforme ; il est modulé par plusieurs facteurs interdépendants, parmi lesquels la force ionique des solutions du sol, la texture et la composition minéralogique, ainsi que les conditions environnementales telles que l'humidité ou la température (Grybos et *al.*, 2009 ; Kalbitz et *al.*, 2000).

Ces interactions complexes influencent non seulement la stabilité de la matière organique, mais également les capacités du sol à stocker du carbone à long terme, un enjeu crucial dans le contexte actuel de changement climatique (Lal, 2004; Pace et *al.*, 2012).

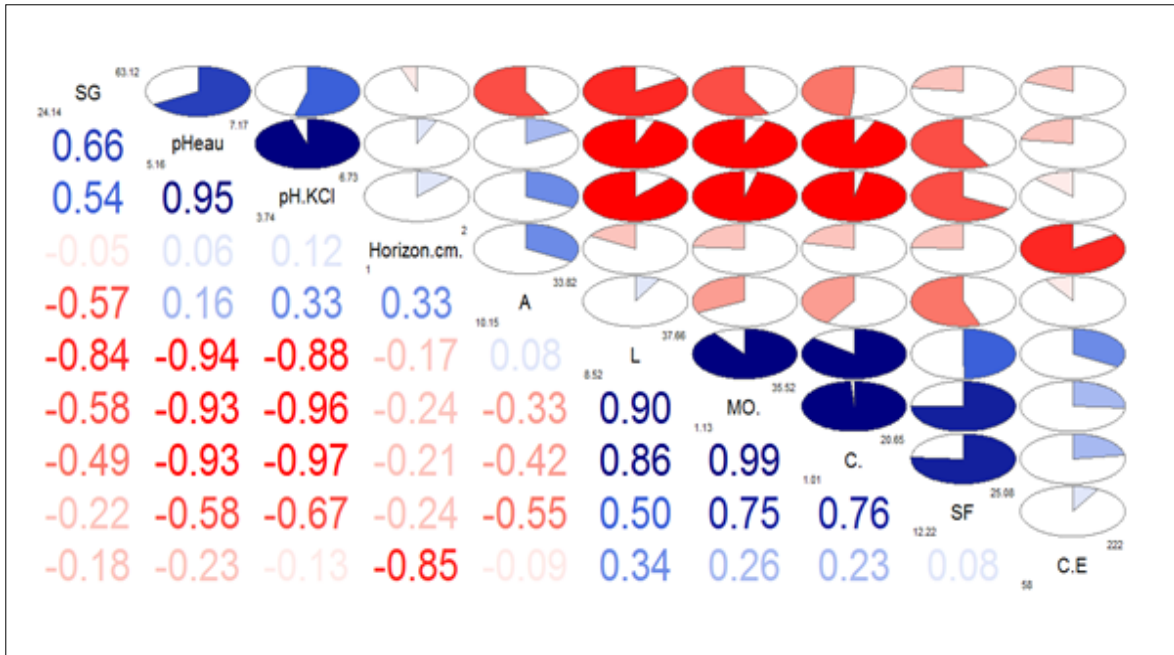


Figure 12 : Corrélations entre les paramètres physico-chimiques du sol

#### IV.5. Conclusion

Selon Aubert (1978), la végétation constitue un repère fondamental pour toute étude pédologique, dans la mesure où elle influence directement l'évolution des sols tout en reflétant les conditions écologiques locales qu'elles soient édaphiques, climatiques ou biotiques.

L'analyse physico-chimique des échantillons prélevés dans les différents groupements végétaux et au sein des mares temporaires met en évidence une variabilité texturale notable. Dans l'ensemble des stations étudiées, la texture sableuse domine, bien que des horizons plus profonds présentent, dans certaines stations, une texture argilo-sableuse, suggérant des processus de différenciation pédologique liés à la profondeur.

Les mesures de pH<sub>eau</sub> indiquent un environnement globalement acide à peu acide, tandis que les valeurs de pH<sub>KCl</sub> révèlent des conditions très acides à acides, témoignant d'un complexe adsorbant relativement saturé. Par ailleurs, la conductivité électrique faible dans toutes les stations suggère l'absence de salinité significative.

L'humidité hygroscopique reste généralement faible tout au long du profil, à l'exception des zones humides temporaires où elle atteint des niveaux plus élevés. La matière organique et le carbone organique présentent des teneurs relativement faibles dans les horizons de surface,

#### ***CHAPITRE. IV : CARACTERISATION EDAPHIQUE DES SITES D'ETUDE***

mais augmentent sensiblement en profondeur, dessinant ainsi un profil organique à tendance accumulative. Cette distribution traduit une décomposition modérée tendant vers une forme avancée des résidus organiques et une accumulation progressive de composés organiques dans les horizons inférieurs, probablement en lien avec des conditions hydriques spécifiques favorisant la rétention de matière organique.

**CHAPITRE.V.**  
**PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS**  
**VEGETAUX DE LA PETITE KABYLIE DE**  
**COLLO**

## **CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

### **V.1. Introduction**

Le suivi régulier de la végétation des milieux humides algériens, en particulier au Nord-Est algérien, (de Bélair, 2005, Belouahem et *al.*, 2011 ; Bouldjedri et *al.*, 2011 ; Allem et *al.*, 2017 ; Fetnaci et *al.*, 2019 ; Ali Tatar et *al.*, 2023 ; Hammana et *al.*, 2024), ainsi que la végétation forestière (Bennadja 2012 ; Hamel 2013) ont montré le potentiel botanique exceptionnelle de ces régions.

On sait que la petite Kabylie de Collo fait partie d'un point chaud de biodiversité, récemment reconnu au sein de l'ensemble Kabyliens-Numidie-Kroumirie (Véla et Benhouhou 2007). Elle constitue en effet un carrefour biogéographique majeur, réunissant des éléments floristiques méditerranéens, nordiques, large répartition et endémiques (Maire 1952-1987 ; Quézel et Santa 1962-1963). Cette richesse en espèces a depuis longtemps été remarquée dans les complexes humides des plaines littorales Oued Zehor et le canton de Ouled Atia (Samraoui et de Belair 1997, Bouldjedri et *al.*, 2011), qui abritent très probablement les communautés hydrophiles, hygrophiles et forestières les plus riches d'Afrique du Nord (Véla et Benhouhou 2007).

Cette région accuse en conséquence un déclin extrêmement inquiétant, sous l'influence de pressions anthropiques diverses (incendie, défrichement, pompage, drainage, pâturage, pollution, mise en culture... (Ali Tatar et *al.*, 2023). Toutefois, la connaissance de cette zone a donc besoin d'être précisée au regard des dégradations qu'elle subit depuis une quinzaine d'années (reprise de l'activité touristique nationale) et de l'érosion de la biodiversité que les perturbations génèrent, avec des données actualisées sur ses formations végétales et leurs habitats. Faute de quoi, ces milieux risquent de disparaître avant même d'être bien connus.

Dans ce contexte, l'objectif de ce travail est double. Dans un premier temps, il consiste à étudier la végétation terrestre et aquatique de la région d'étude. Dans un deuxième temps, nous essaierons de mettre en évidence les différents milieux humides de la petite Kabylie de Collo. Pourquoi les milieux humides ? Premièrement, à cause de la richesse, dans ce domaine, du site étudié. On observe une grande diversité de milieux humides : oueds, sources, mares, prairies marécageuses, ruisseaux. En second lieu, à cause de la rareté ou de l'absence de travaux sur ces milieux, en particulier ceux des basses plaines de la région d'étude.

**CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE  
LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

**V.2. Résultats et Discussion**

**2.1. Composition de la flore**

Un total de 199 espèces de plantes vasculaires appartenant à 161 genres et 81 familles ont été identifiées dans la région d’oued Zhor, (Tab. 9). La famille des *Fabaceae* était la plus importante en termes de nombre d’espèces et constitue 7,54% des plantes identifiées (15 espèces), suivie par les *Poaceae* et les *Asteraceae* avec 6,03% (12 espèces) pour chacune, et les *Lamiaceae* et les *Cyperaceae* avec 4,02 % soit 8 espèces pour chacune respectivement. Ces cinq familles représentent à elles seules plus d’un quart de la flore étudiée. S’ajoutant à ces dernières, les *Apiaceae* (7 espèces soit 3,52 %), les *Ranunculaceae*, les *Rosaceae* et les *Rubiaceae* (6 espèces soit 3,02% pour chacune), les *Plantaginaceae* (5 espèces soit 2,87%) étaient moyennement représentées. Le reste des familles étaient le plus souvent monospécifique ou bien bispécifique.

Ces trois familles (*Fabaceae*, *Asteraceae* et *Poaceae*) sont les plus riches dans la flore nationale (de Bélair, 1990 ; Hamel, 2013 ; Belouahem-Abed et al., 2011 ; Megharbi et al., 2016 ; Allem et al., 2017 ; Djemai et al., 2017 ; Fetnaci et al., 2019 ; Hamel et al., 2022) mais, aussi dans les régions méditerranéennes (Quézel, 2002).

La diversité d’ordre 1 est majorée, car en plus du nombre important d’espèces, le nombre de familles l’est aussi (Daget et Gaston, 2001). Ces résultats se rapprochent globalement de ceux obtenus par Hamel (2013) dans ses études sur les formations forestières et préforestières de la péninsule de l’Edough.

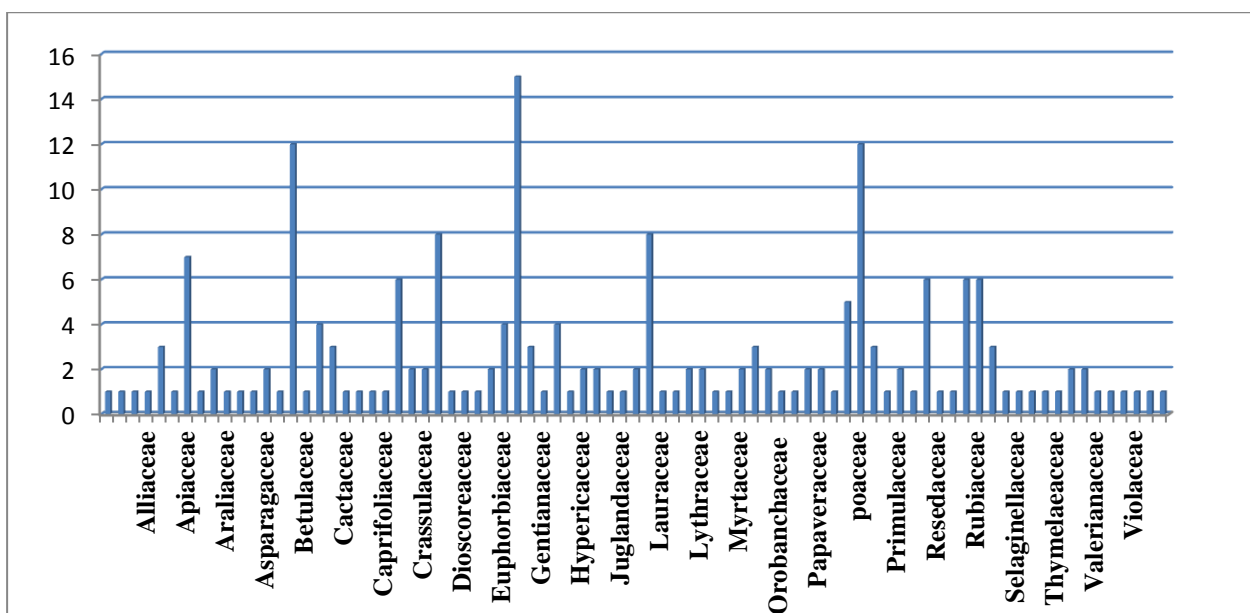


Figure 13 : Les familles recensées dans la région d’étude.

**CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

Tableau 9 : Liste des espèces recensées dans le bassin versant d'Oued Zhor

Numéros de relevées	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
<b>Altitude (m)</b>	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	3	5	2	730	580	460	410	630	580	5	6	650
<b>Roche-mère</b>	Gneiss	Gneiss	Gneiss	Numidie	Gneiss	Gneiss	Gneiss	Gneiss	Gneiss	Numidie	Gneiss	Gneiss	Gneiss	Alluvion	Alluvion	Alluvion	Gneiss	Gneiss	Gneiss	Numidie	Gneiss	Gneiss	Alluvion	Alluvion	Gneiss
<b>Exposition</b>	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	NE	N	N	N	NE	NO	N	N	N	N	N
<b>Recouvrement des ligneuses</b>	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	20	10	10	70	70	70	80	70	70	20	20	20
<b>Recouvrement des herbacées</b>	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	40	40	40	30	30	30	30	30	30	30	30	30
<b>Pente</b>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	0	0	0	2	2	2	2	2	2	1	1	1
<i>Acacia saligna</i> (Labill.) H.L.Wendl.	x			x	x	x			x	x	x	x													
<i>Acanthus mollis</i> L.		x	X	x			x				x	x	x	x	x	x									x
<i>Achyranthes sicula</i> (L.) All.																							x	x	
<i>Alisma lanceolatum</i> With.							x	x		x	x	x	1										x	x	x
<i>Allium triquetrum</i> L.								x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x					x
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x
<i>Ammi visnaga</i> (L.) Lam	x	x	X	x	x		x	x		x	x	x	x	x	x	x							x	x	
<i>Ampelodesmos mauritanicus</i> (Poir.) T. Durand & Schinz	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Anogramma leptophylla</i> (L.) Link	x	x	X			x	x																		x
<i>Arbutus unedo</i> L.	x	x	X	x	x	x													x	x	x	x			x
<i>Arisarum vulgare</i> subsp. <i>exsertum</i> Maire & Weiller									x	x	x	x	x	x	x	+					x	x	x	x	x
<i>Aristolochia paucinervis</i> Pomel									x	x	x	x	x	x	x								x	x	
<i>Arum italicum</i> Mill.	x	x		x	x	x		x											x	x	x	x	x	x	x
<i>Arundo donax</i> L.												x	x										x	x	

**CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

<i>Asperula laevigata</i> L		x		x		x				x	x	x		x									x	x	x
<i>Asphodelus ramosus</i> L.				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x						
<i>Asplenium onopteris</i> L.		x		x		x				x	x	x		x											x
<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x				x
<i>Bellis annua</i> L.		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x				x	x	x
<i>Bellis protesta</i> Pomel	x	x	X	x	x													x	x	x	x				x
<i>Bidens frondosus</i> L.										x	x	x		x									x	x	
<i>Blakstonia grandiflora</i> (Viv.) Pau	x	x	X	x	x	x	x	x														x	x		x
<i>Bolboschoenus glaucus</i> (Lam.) S.G. Smith																									x
<i>Borago officinalis</i> L.			X		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x								x	x	x
<i>Brassica procumbens</i> (Poir.) O.E. Schulz									x	x	x	x	x	x	x								x	x	
<i>Briza maxima</i> L.							x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x				x	x	
<i>Bromus rubens</i> L.							x	x	x	x	x	x	x	x	x								x	x	
<i>Calicotome villosa</i> (Poir.) Link							x	x	x	x	x	x	x	x										x	
<i>Callitriche obtusangula</i> Le Gall												x											x	x	x
<i>Campanula dichotoma</i> L.		x		x	x				x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Cardamine hirsuta</i> L.																							x	x	
<i>Carex distachya</i> Desf.														x	x	x									
<i>Carex distans</i> L.														x	x	x									
<i>Carex paniculata</i> L.														x	x	x									
<i>Carex remota</i> L.														x	x	x									
<i>Castanea sativa</i> Mill	x	x	X	x	x												x	x	x	x					x
<i>Catapodium rigidum</i> (L.) C.E.Hubb.										x	x	x		x	x								x	x	
<i>Celtis australis</i> L.	x		X				x			x															x
<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill										x	x	x			x	x							x	x	
<i>Ceratonia siliqua</i> L.														x	x	x									









**CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

<i>Plantago lagopus</i> L.				x		x		x		x			x	x	x	x					x	x	x	x	
<i>Plantago lanceolata</i> L.				x	x				x	x	x	x	x	x	x						x	x	x	x	x
<i>Poa annua</i> L. subsp. <i>annua</i>														x	x	x							x	x	
<i>Poa trivialis</i> L.																							x	x	x
<i>Polypodium cambricum</i> subsp. <i>cambricum</i> L.																									x
<i>Polystichum setiferum</i> (Forssk.) T. Moore ex Woyn.																									
<i>Populus alba</i> L.																									
<i>Populus nigra</i> L.				X		x	x																		
<i>Potentilla reptans</i> L.	x	x				x																			
<i>Prunus avium</i> (L.) L.	x			X																					
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	x	x		X																					
<i>Quercus canariensis</i> Willd	x	x		X		x	x	x	x	x	x	x			x		x	x	x	x	x	x			x
<i>Quercus suber</i> L.	x			X																					
<i>Radiola linoides</i> Roth.																									
<i>Ranunculus flammula</i> L.	x	x				x																			
<i>Ranunculus macrophyllus</i> Desf.																									
<i>Ranunculus muricatus</i> L.																									
<i>Ranunculus parviflorus</i> L.																									
<i>Reseda alba</i> L.																									
<i>Retama raetam</i> subsp. <i>bovei</i> (Spach) Talavera & Gibbs																									
<i>Rhamnus alaternus</i> L.																									
<i>Rosa sempervirens</i> L.																									
<i>Rubia peregrina</i> subsp. <i>longifolia</i> (Poir.) O. Bolos																									
<i>Rubus incanescens</i> (DC.)																									



**CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

<i>Trifolium arvense</i> L.			X		x		x			x	x	x	x	x	x	x								x	x	x
<i>Trifolium campestre</i> Schreber									x		x	x	x	x	x	x								x	x	
<i>Trifolium pratense</i> L.									x		x	x	x	x	x	x								x	x	
<i>Trifolium repens</i> L.																					x	x				
<i>Typha domingensis</i> Pers.			X			x				x														x	x	x
<i>Ulmus minor</i> Mill.	x		X	x	x												x	x	x	x				x	x	x
<i>Umbilicus rupestris</i> (Salisb.) Dandy										x	x	x														
<i>Urospermum dalechampii</i> (L.) Scop. ex F.W.Schmidt			X	x		x												x	x	x						x
<i>Verbascum sinuatum</i> L.							x		x																	
<i>Verbena officinalis</i> L.						x			x				x	x				x	x	x						x
<i>Veronica cymbalaria</i> Bodard		x		x	x																					x
<i>viburnum tinus</i> L.			X		x				x		x	x												x	x	x
<i>Vicia altissima</i> Desf.		x	X		x																		x	x	x	x
<i>Viola riviniana</i> Rchb.		x	X		x												x	x	x	x	x	x				

x : présence.

## **CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

### **2.2. Diversité biologique**

D'après Raunkiaer (1934) et d'autres auteurs tels que Benabadji *et al.* (2007) ont souligné l'impact des facteurs de l'environnement sur l'évolution des types biologiques de la végétation. L'intérêt principal du spectre biologique est qu'il reflète, par la structure de la végétation dont il est une traduction, les conditions du milieu ambiant (Aberlin et Daget, 2003).

Dans le tableau n<sup>o</sup> :10, les espèces sont représentées selon leurs types biologiques correspondants et ce conformément à la classification de Raunkiaer (1934).

Tableau 10 : Répartition des espèces par type biologique en %.

<b>Types biologiques</b>	<b>Nombre</b>	<b>Taux (%)</b>
Thérophytes	61	30.65%
Hémicryptophytes	58	29.15%
Phanérophytes	44	22.11%
Géophytes	21	10.55%
Chamaephytes	11	5.53%
Hydrophytes	4	2.01%

D'après la liste globale des espèces recensées, la composition du spectre biologique global montre que les thérophytes ont été le type biologique le plus dominant, représenté par 61 espèces, ce qui constitue 30,65% de l'ensemble des taxons répertoriés, viennent ensuite les hémicryptophytes (58 taxons) soit 29,15%, les phanérophytes (44 taxons), les géophytes (21 taxons), les chamaephytes (11 taxons) et enfin les hydrophytes (5 taxons) (Tab 10).

Les thérophytes et les hémicryptophytes représentent une catégorie majoritaire par rapport aux autres types biologiques. Leur taux cumulé est de 59,80 %. Ce type de végétation est caractéristique des milieux à bioclimat 'méditerranéen' et à fortes perturbations (Bonnet *et al.*, 1999 ; Hamada *et al.*, 2004). Les thérophytes et les hémicryptophytes sont des taxons classiquement considérés comme favorisés par des perturbations engendrées par les Zoopopulations notamment (Vidal, 1998).

Le pourcentage des thérophytes est habituellement élevé dans les formations végétales méditerranéennes avec les conditions climatiques drastiques du milieu comme la sécheresse (Daget, 1980) et la dégradation par les perturbations, soit anthropiques ou zoogènes. La thérophytisation est une caractéristique des zones arides et exprime une stratégie d'adaptation vis-à-vis des conditions défavorables et une forme de résistance aux rigueurs climatiques

## **CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

(Daget, 1980). Les thérophytes présentent un intérêt écologique limité en raison de leur cycle biologique court qui ne dure que quelques semaines ou quelques jours. Elles constituent le résultat d'une dégradation de la couverture végétale suite à des perturbations (Chaieb, 2003).

Les hémicryptophytes sont bien représentées dans la flore étudiée. En effet l'abondance des hémicryptophytes s'explique par une richesse en matière organique en milieu forestier et par l'altitude (Barbéro et al...1989).

Ce cortège est, selon les systèmes, mêlé d'espèces transgressives de différents milieux plus ou moins ouverts et plus ou moins hydrophiles :

- des espèces forestières, comme *Quercus canariensis* Willd, *Quercus suber* L., *Pinus pinaster* Aiton, *Ulmus minor* Mill., *Acanthus mollis* L., *Viburnum tinus* L., *Hypericum androsaemum* L., *Polystichum setiferum* (Forssk.) T. Moore ex Woy. et *Viola riviniana* Rchb.

- des espèces hydrophytiques, comme *Lemna minor* L., *Myriophyllum alternifolium* DC. et *Callitriche obtusangula* Le Gall., ce dernier taxon présente un important recouvrement dans la mare Aoural.

- des espèces hygrophytiques, comme *Alisma lanceolatum* With., *Lythrum junceum* Banks & Sol., *Mentha suaveolens* Ehrh subsp. *suaveolens*, *Schoenus nigricans* L., *Sparganium erectum* L. subsp *erectum*, *Mentha pulegium* L. et *Bolboschoenus glaucus* (Lam.) S.G. Smith

- des espèces de pelouses, qui comprennent à la fois les espèces amphibies de mare temporaire (*Cyperus rotundus* L. subsp. *rotundus*, *Silene laeta* (Aiton) Godr., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Typha domingensis* Pers. et *Iris pseudacorus* L.) et les espèces de pelouses thérophytiques (*Ranunculus muricatus* L., *Isoetes hystrix* Durieu ex Bory, *Juncus bufonius* L., *Plantago lanceolata* L., *Polygonum aviculare* L., *Silene gallica* L. et *Geranium dissectum* L.).

**CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE  
LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

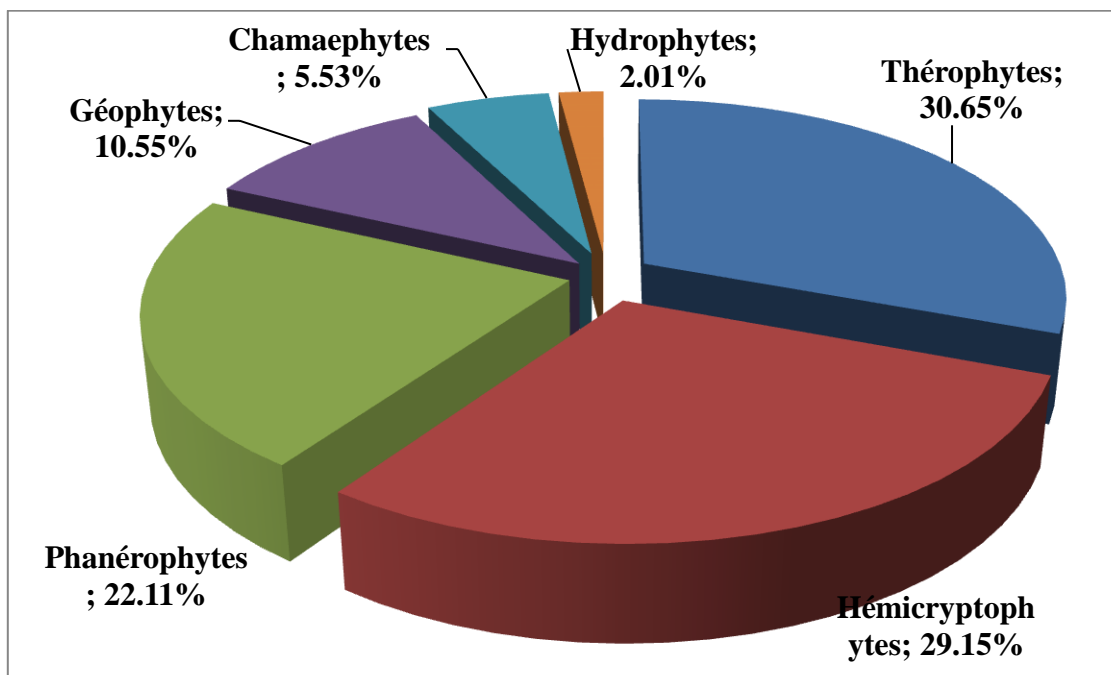


Figure 14 : Spectre global des types biologiques de la région d'étude

### 2.3. Diversité biogéographique

La biogéographie est définie comme étant l'étude et la compréhension de la répartition des organismes vivants à la lumière des facteurs et processus présents et passés (Hengeveld, 1990).

L'étude phytogéographique constitue également un véritable modèle pour interpréter les phénomènes de régression (Olivier et *al.*, 1995). Pour Quézel (1991), une étude phytogéographique constitue une base essentielle à toute tentative de conservation de la biodiversité.

Les espèces recensées appartiennent à plusieurs ensembles chorologiques :

Tableau 11 : Les types biogéographiques en pourcentage dans la zone d'étude

Origines biogéographiques	Nombre d'espèces	%
Méditerranéen	67	33.67%
Euro-méditerranéen	22	11.06%
Méditerranéen atlantique	18	9.05%
Sub-cosmopolite	15	7.54%
Eurasien	13	6.53%
Paléotempère	13	6.53%
Circumméditerranéen	10	5.03%
Cosmopolite	8	4.02%

**CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE  
LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

Endémique Algéro-Tunisien	6	3.02%
Endémique Algéro-Tuniso-Marocain	4	2.01%
Circum-boréal	4	2.01%
Introduite	4	2.01%
Tropicale	3	1.51%
Holarctique	2	1.01%
Subendémique Tyrrhénien	2	1.01%
Endémique Algéro-Tuniso -Italien	2	1.01%
Cultivé	1	0.5%
Eurosibérien	1	0.5%
Euro-Circum-méditerranéen	1	0.5%
Endémique Algéro-Tuniso-Espagnol	1	0.5%
Eurosibérien- Méditerranéen	1	0.5%
Eurosibérien- Méditerranéen; Afrique septentrionale	1	0.5%

- Ensemble méditerranéen : cet ensemble domine avec 120 espèces, soit 60,30 % de la flore répertoriée, dont 67 pour l'élément de liaison méditerranéen (*sensu stricto*), 23 pour l'élément de liaison eury-méditerranéen et 18 pour l'élément de liaison méditerranéen atlantique. Dans cet ensemble, les familles les plus riches sont celles qui sont le mieux représentées dans la flore étudiée. La famille des *Fabaceae* compte 10 taxa, celles des *Asteraceae* (5 taxa) et des *Poaceae* 4 taxa. D'autres familles possèdent 3 voire 2 taxa (Fig 15).

- Ensemble de large répartition : cet ensemble regroupe 26 espèces, soit 13,06% de la flore étudiée. Il est présenté par 23 taxa cosmopolites (incluant les subcosmopolites) répartis en 17 familles et trois taxons d'origine tropicale (*Achyranthes sicula* (L.) All., *Alternanthera sessilis* (L.) R.Br. ex DC et *Cyperus rotundus* L. subsp. *rotundus*).

- Ensemble nordique : ces espèces représentent 16,58 % de la flore étudiée (33 taxa). L'élément paléotempéré et eurasién sont représenté par 13 taxa pour chacun, suivi par l'élément boréal 4 taxa, l'élément holarctique par 2 taxa et l'élément eurosibérien n'est représenté que par un seul taxon.

- Ensemble d'espèces introduites : cet ensemble est représenté par 5 espèces dont une espèce cultivée (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.).

- Ensemble endémique : 13 espèces représentent cet ensemble soit 6,53 % de la flore inventoriée. Dix familles présentent des taxons endémiques dont la famille des *Asteraceae* est la plus diversifiée avec 3 taxa.

**CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE  
LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

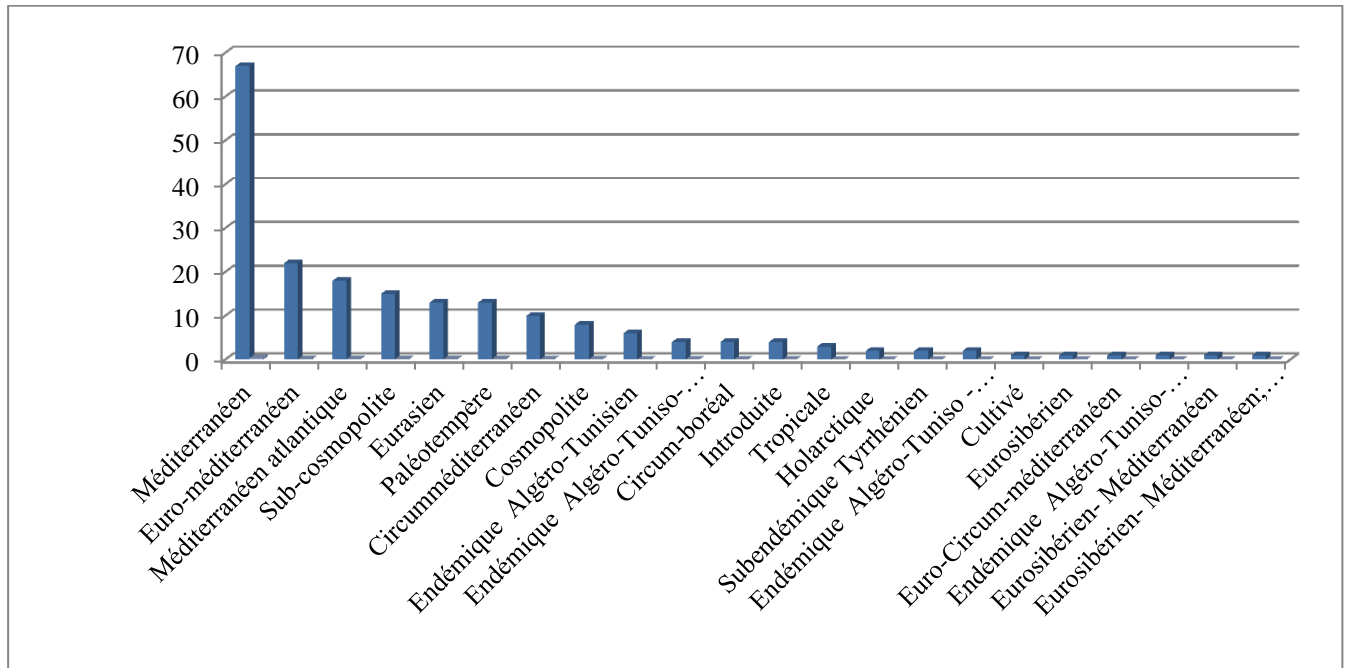


Figure 15: La distribution des types biogéographiques dans les deux mares étudiées.

L'appartenance des espèces végétales à plusieurs aires biogéographiques permet de constater que l'origine de la diversité biologique spécifique à la petite Kabylie (Quézel et Santa, 1962-1963), est liée à des conditions écologiques propices au maintien de ces espèces (de Bélair, 2005). La zone d'étude abrite un cortège floristique très riche au plan de l'origine biogéographique. Elle réunit notamment à l'élément méditerranéen, un élément nordique (paléotempéré/circumboréal/eurasien) et un élément plurirégionaux.

#### 2.4. Analyse canonique des correspondances flore/environnement

L'analyse canonique des correspondances (ACC) est réalisée sur une matrice des données de six stations floristiques et celle de six variables environnementales. Le plan formé par le premier et le second axe possède un taux d'inertie de 1,68% (Fig. 16), dont respectivement 57,34 %, 24,14 % et 9,49 % sont portés par les axes 1, 2 et 3 (soit 90,97 %).

Le long de l'axe 1, les relevés s'organisent selon un gradient altitudinal, en allant des formations forestières moins humides du côté négatif vers des formations forestières humides du côté positif de cet axe. Les stations (ARAL, ODJAB frêne, ANGUR chaabat) qui se regroupent autour de la variable altitude, présentant les espèces ligneuses moins humides des basses altitudes à (*Ceratonia siliqua* L) caractéristique de l'étage de végétation thermoméditerranéen. La présence (*Plantago lagopus* L., *Tolpis barbara* L., *Radiola linoides* Roth et *Rubus incanescens* (DC.) témoigne de l'aspect thermophile de ces habitats. Les espèces ligneuses humides des hautes altitudes allant de (550 à 730m) dominée par (*Quercus*

**CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE  
LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

*canariensis* Willd) sont caractéristique des forêts caducifoliées climacique. Cette ambiance forestière s'accompagne par l'installation des espèces ombrophiles a un épais horizon humifère telle que (*Smyrniolum olusatrum* L., *Viola riviniana* Rchb., *Selaginella denticulata* L. Spring, *Silene colorata* Poir et *Vicia altissima* Desf).

La variable exposition est positivement corrélée à l'axe 2 avec un coefficient de corrélation de 1,20, et s'oppose à la variable pente négativement corrélée à cet axe ( $r = - 1,50$ ).

Les groupes de stations acquis dans le plan F2 (24,14 %) mettent en évidence une zonation de la végétation qui est tributaire de l'action de différents facteurs primordiaux. Sur la base de la valeur écologique de ces espèces, le second axe indique une répartition de précipitation du fait que, sur le côté positif, s'ordonnent des espèces des escarpements humides (*Ulmus minor* (Mill.), *Ruscus hypophyllum* L., *Viola riviniana* Rchb., *Vicia altissima* Desf et *Urospermum dalechampii* (L.) Scop. ex F.W.Schmidt). Alors que, sur l'autre côté, se réunissent des espèces xériques des pelouses (*Oenanthe virgata* Poir., *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter., *Ranunculus parviflorus* L., *Chamaerops humilis* L., *Trifolium arvense* L. et *Trifolium pratense* L.).

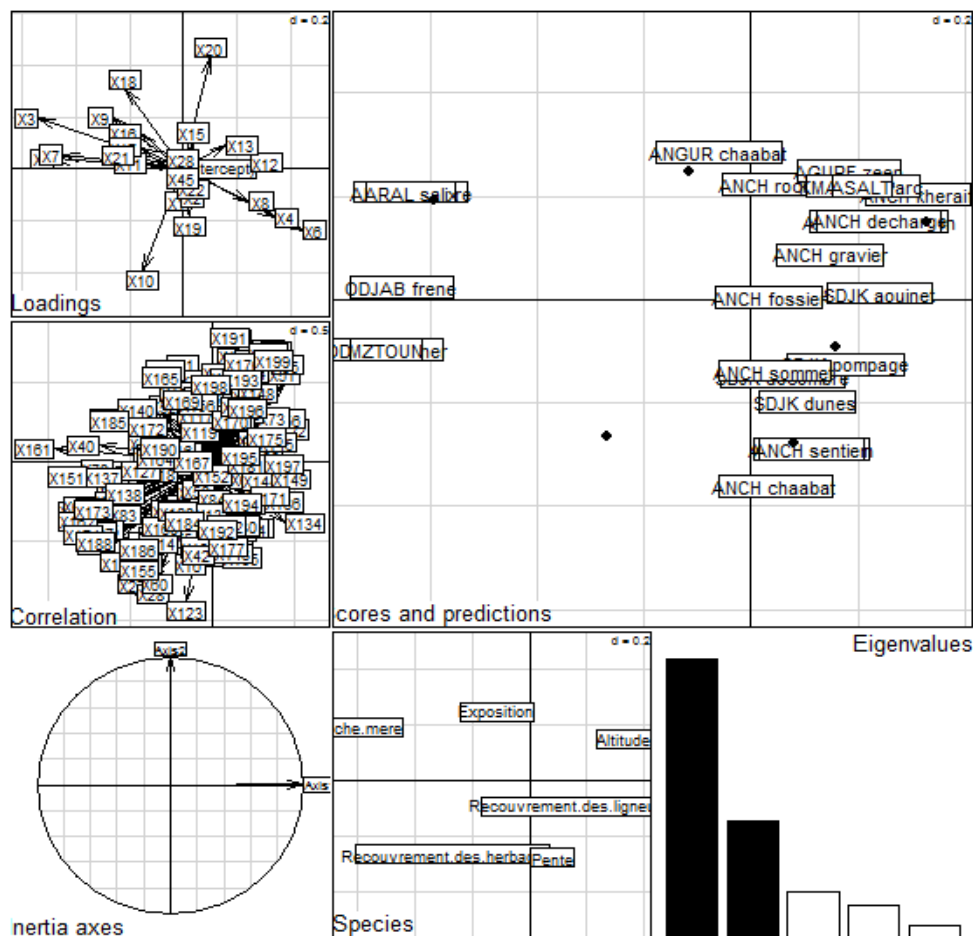


Figure 16 : Carte de l'analyse canonique des correspondances (25 relevés x 199 espèces x 6 variables environnementales).

**CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE  
LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

**2.5. Analyse factorielle des correspondances**

L'examen des cartes factorielles illustrant les plans de projections 1/2 permet de constater l'existence de cinq ensembles très contrastés (Fig 17).

• **Interprétation statistique et écologique**

Le dendrogramme sur 199 espèces et 25 relevés a permis la répartition de cinq groupements végétaux:

- Groupement A : une communauté des espèces forestières, comme : *Myrtus communis* L ; *Prunus avium* (L.) L *Phillyrea latifolia* L. ; *Ulmus minor* Mill *Arbutus unedo* L. ; *Castanea sativa* Mill et elle regroupe des espèces ombrophiles comme : *Viola riviniana* Rchb. ; *Cyclamen africanum* Boiss. & Reut ; *Bellis sylvestris* Cirillo : *Blakstonia grandiflora* (Viv.) Pau ; *Arum italicum* Mill. ; *Euphorbia helioscopia subsp. helioscopia* L.

-*Myrtus communis* L.

-*Phillyrea latifolia* L.

-*Viola riviniana* Rchb.

-*Cyclamen africanum* Boiss. & Reut

-*Prunus avium* (L.) L.

-*Ulmus minor* Mill.

-*Arbutus unedo* L.

-*Euphorbia helioscopia subsp. helioscopia* L.

-*Bellis sylvestris* Cirillo

-*Blakstonia grandiflora* (Viv.) Pau

-*Cytisus triflorus* L'Hér.

-*Castanea sativa* Mill

-*Galactites mutabilis* Durieu

-*Arum italicum* Mill.

-*Daucus virgatus* (Poir.) Maire.

- Groupement B : une communauté des ripisylves à *Populus nigra* L.

-*Convolvulus althaeoides* L.

-*Smyrniolum olusatrum* L.

-*Populus nigra* L.

-*Verbena officinalis* L.

- Groupement C : La communauté méso-xérophile, enfin, est organisée selon un gradient depuis des fruticées ouvertes dominées par des Phanérophytes arbustifs : (*Rhamnus alaternus* L. ; *Olea europea* L ; *Laurus nobilis* L ; *Chamaerops humilis* L ; *Populus alba* L ; *Clematis flammula* L ; *Genista ferox subsp. ferox* (Poiret) Dum. Cour. ; *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) jusqu'à les taxons de la classe

**CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE  
LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

des Thero-Brachypodietea (Braun-Blanquet et al., 1952) à *Cynodon dactylon* (L.) Pers. *Cerinth major* L.; *Sedum cepaea* L ; *Papaver rhoeas* f. *rhoeas*. ; *Linum bienne* Mill. *Lobularia maritima* (L.) Desv. *Phelipanche nana* (Noë ex Rchb.f.) Soják.; *Linaria reflexa* (L.) Chaz. *Catapodium rigidum* (L.) C.E.Hubb. *Medicago arabica* (L.) Huds. *Trifolium repens* L.; *Sherardia arvensis* L.; *Lamarckia aurea* (L.) Moench

- |  |   |
|--|---|
| - <i>Phelipanche nana</i> (Noë ex Rchb.f.) Soják   | - <i>Olea europea</i> L.  |
| - <i>Selaginella denticulata</i> (L.) Spring       | - <i>Laurus nobilis</i> L                                       |
| - <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.               | - <i>Cerinth major</i> L.                                       |
| - <i>Chamaerops humilis</i> L.                     | - <i>Sedum cepaea</i> L   |
| - <i>Rhamnus alaternus</i> L.                      | - <i>Papaver rhoeas</i> f.                                      |
| - <i>Linaria reflexa</i> (L.) Chaz.                | - <i>Populus alba</i> L.  |
| - <i>Linum bienne</i> Mill.                        | - <i>Hyoseris radiata</i> L.                                    |
| - <i>Cynoglossum clandestinum</i> Desf.            | - <i>Clematis flammula</i> L.                                   |
| - <i>Lobularia maritima</i> (L.) Desv.             | - <i>Bidens frondosus</i> L.                                    |
| - <i>Catapodium rigidum</i> (L.) C.E.Hubb.         | - <i>Sherardia arvensis</i> L.                                  |
| - <i>Lythrum junceum</i> Banks & Sol.              | - <i>Mentha aquatica</i> L.                                     |
| - <i>Medicago arabica</i> (L.) Huds.               | - <i>Trifolium repens</i> L.                                    |
| - <i>Stellaria media</i> (L.) Vill.                | - <i>Erigeron canadensis</i> L.                                 |
| - <i>Leontodon tuberosus</i> L.                    | - <i>Rumex pulcher</i> L.                                       |
| - <i>Lamarckia aurea</i> (L.) Moench               | - <i>Iris unguicularis</i> Poir.                                |
| - <i>Mentha pulegium</i> subsp. <i>pulegium</i> L. | - <i>Potentilla reptans</i> L.                                  |
| - <i>Ranunculus flammula</i> L.                    | - <i>Asplenium onopteris</i> L.                                 |
| - <i>Schoenoplectus supinus</i> (L.) Palla         | - <i>Asperula laevigata</i> L.                                  |
| - <i>Veronica cymbalaria</i> Bodard                | - <i>Lavandula Stoechas</i> L.                                  |
|  | - <i>Clinopodium vulgare</i> subsp. <i>arundanum</i> Bois.      |
|  | - <i>Ampelodesmos mauritanicus</i> (Poir.) T. Durand & Schinz   |
|  | - <i>Genista ferox</i> subsp. <i>ferox</i> (Poir.) Dum. Cour.   |
|  | - <i>Polypodium cambricum</i> subsp. <i>cambricum</i> L.        |
|  | - <i>Geranium robertianum</i> subsp. <i>purpureum</i> Vi.       |
|  | - <i>Polystichum setiferum</i> (Forssk.) T. Moore ex Woyn.      |
|  | - <i>Ficaria verna</i> subsp. <i>grandiflora</i> (Robert) Hayek |
|  | - <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.            |

**CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE  
LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

- Groupement D : une communauté de la formation mixte (zênaie–aulnaie)
- *Quercus canariensis* Willd
  - *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.
  - *Erica arborea* L.
  - *Athyrium filix-femina* (L.) Roth
  - *Campanula dichotoma* L.
- Groupement E : Une communauté des taxons de prairies humides à *Alisma lanceolatum* With.
- *Acanthus mollis* L.
  - *Fraxinus angustifolia* Vahl
  - *Stachys ocymastrum* (L.) Briq.
  - *Bromus rubens* L.
  - *Fumaria capreolata* L.
  - *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter.
  - *Galium aparine* L. subsp. *aparine*
  - *Eryngium maritimum* L
  - *Geranium dissectum* L.
  - *Silene laeta* (Aiton) Godr.
  - *Oenanthe virgata* Poir.
  - *Ammi visnaga* (L.) Lam
  - *Borago officinalis* L.
  - *Plantago lagopus* L.
  - *Silene gallica* L.
  - *Euphorbia terracina* L.
  - *Glebionis segetum* (L.) Fourr
  - *Brassica procumbens* (Poir.) O.E. Schulz
  - *Aristolochia paucinervis* Pomel
  - *Cistus monspeliensis* L.
  - *Daucus carota* subsp. *maximus* (Desf.) Ball
  - *Hordeum murinum* subsp. *leporinum* (Link) Arcang.
  - *Galium palustre* subsp. *elongatum* (C. Presl) Lange
  - *Calicotome villosa* (Poir.) Link
  - *Arisarum vulgare* subsp. *exsertum* Maire & Weiller
  - *Rubia peregrina* subsp. *longifolia* (Poir.) O. Bolòs

**CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE  
LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

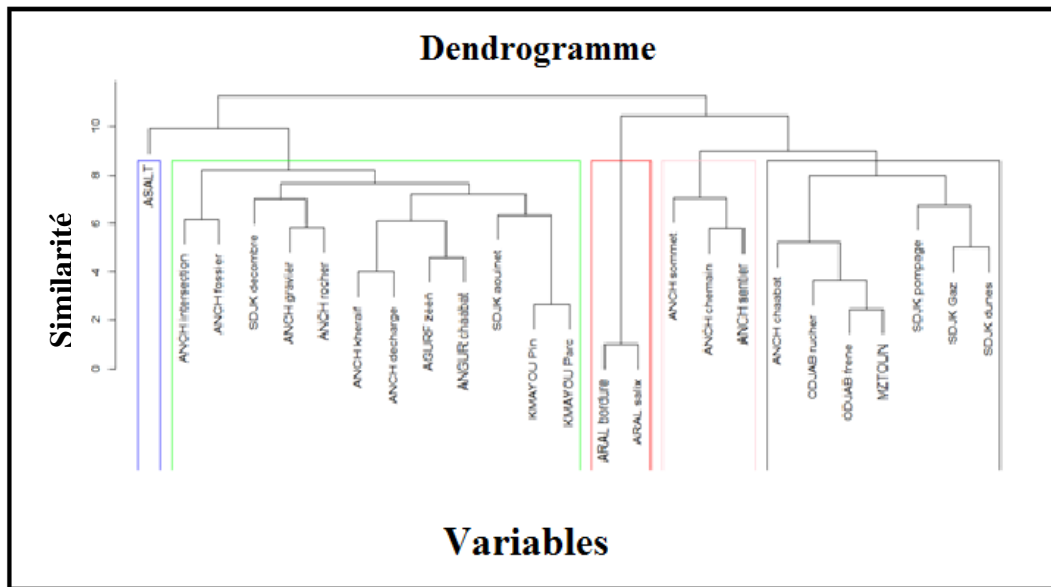


Figure 17 : Dendrogramme des variables de la zone d'étude

**2.6. Classification hiérarchique des correspondances**

Nous avons utilisé une partition en classes d'individus (dendrogrammes), aussi appelée : classification hiérarchique de moment d'ordre 2 (CAHM2), qui calcule les distances mathématiques (distances euclidiennes) entre les points d'individus à partir de leurs coordonnées dans les  $n$  dimensions de l'espace factoriel virtuel.

Le dendrogramme met en évidence cinq groupes de relevés (Fig. 18) :

- Gr A (ASALT),
- Gr B (ANCH intersection, ANCH fossier, SDJK décombre, ANCH gravier, ANCH rocher, ANCH kheraif, ANCH décharge, AGURF zeen, AGURF chaabat, SDJK aouinet, KMAYOU Pin, KMAYOU Parc),
- Gr C (ARAL bordure, ARAL salix),
- Gr D (ANCH sommet, ANCH chemin, ANCH sentier),
- Gr E (ANCH chaabat, ODJAB ruche, ODJAB frêne, MZTOUN, SDJK pompage, SDJK Gaz, SDJK dunes).

**CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE  
LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

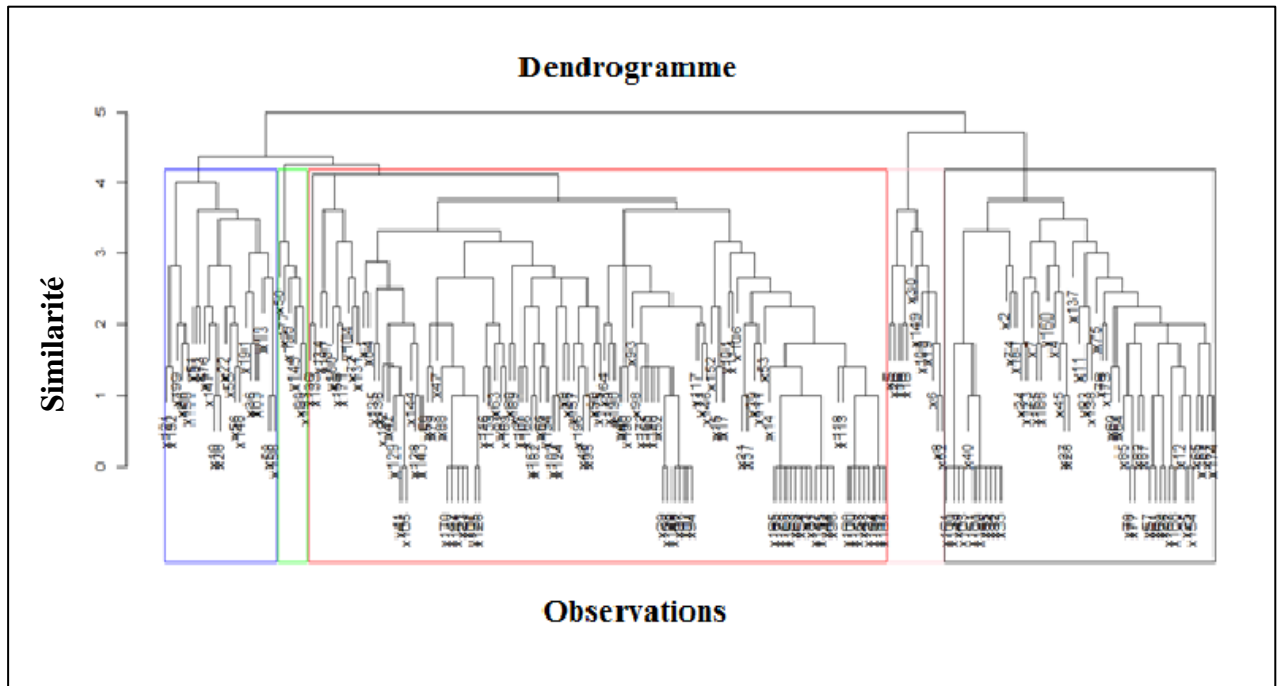


Figure 18 : Dendrogramme des espèces de la zone d'étude

### 2.7. L'analyse factorielle des correspondances (AFC)

L'AFC a été appliquée sur 25 relevés et 199 espèces, qui ont été prises en considération dans ce travail et qui a permis de mettre en évidence l'existence de deux gradients :

Du côté positif de l'axe 1 se situent en particulier des espèces xérophytiques et sur le côté négatif des espèces hydrophytiques.

Du côté positif de l'axe 2 se situent les groupements végétaux à basse altitude et sur le côté négatif des groupements végétaux à haute altitude.

Les cartes factorielles relatives aux espèces appliquées sur celles des stations montrent que (Fig. 19) :

- Le groupe (A) de la mare d'altitude, il est constitué par le cortège de la subéraie humide (*Myrtus communis* L., *Phillyrea latifolia* L., *Viola riviniana* Rchb. *Quercus suber* L., *Daphne gnidium* L., *Ulmus minor* Mill. et *Rhamnus alaternus* L.).
- Le groupe (B) de la forêt mixte, il est constitué par deux essences forestières des ravins humides (*Populus alba* L. et *Lamium flexuosum* Ten.) et dominé par herbacées : *Euphorbia terracina* L., *Smyrniolus atrum* L. et *Verbena officinalis* L.).
- Le groupe (C) de prairies humides de basse altitude, comprenant des espèces inféodées à cet écosystème, parmi lesquelles : *Viburnum tinus* L., *Arundo donax* L., *Laurus nobilis* L., *Asplenium obovatum* L., *Linaria reflexa* (L.) Chaz., *Potentilla reptans* L., *Mentha*

## CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE LA PETITE KABYLIE DE COLLO

*suaveolens* subsp. *suaveolens* Ehrh, *Galium rotundifolium* L.) ainsi des psammophiles de dunes maritimes (*Eryngium maritimum* L.).

- Le groupe (D) de l'aulnaie composé de : *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Allium triquetrum* L., *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, *Campanula dichotoma* L., *Ampelodesmos mauritanicus* (Poir.) T. Durand & Schinz et *Erica arborea* L.

- Le groupe (F) de maquis moyen, il est constitué de *Ceratonia siliqua* L. et *Calicotome villosa* (Poir.) Link, accompagnée par des xérophytes thérophytiques (*Trifolium arvense* L., *Stachys ocymastrum* (L.) Briq., *Catapodium rigidum* (L.) C.E.Hubb. et *Bromus rubens* L.).

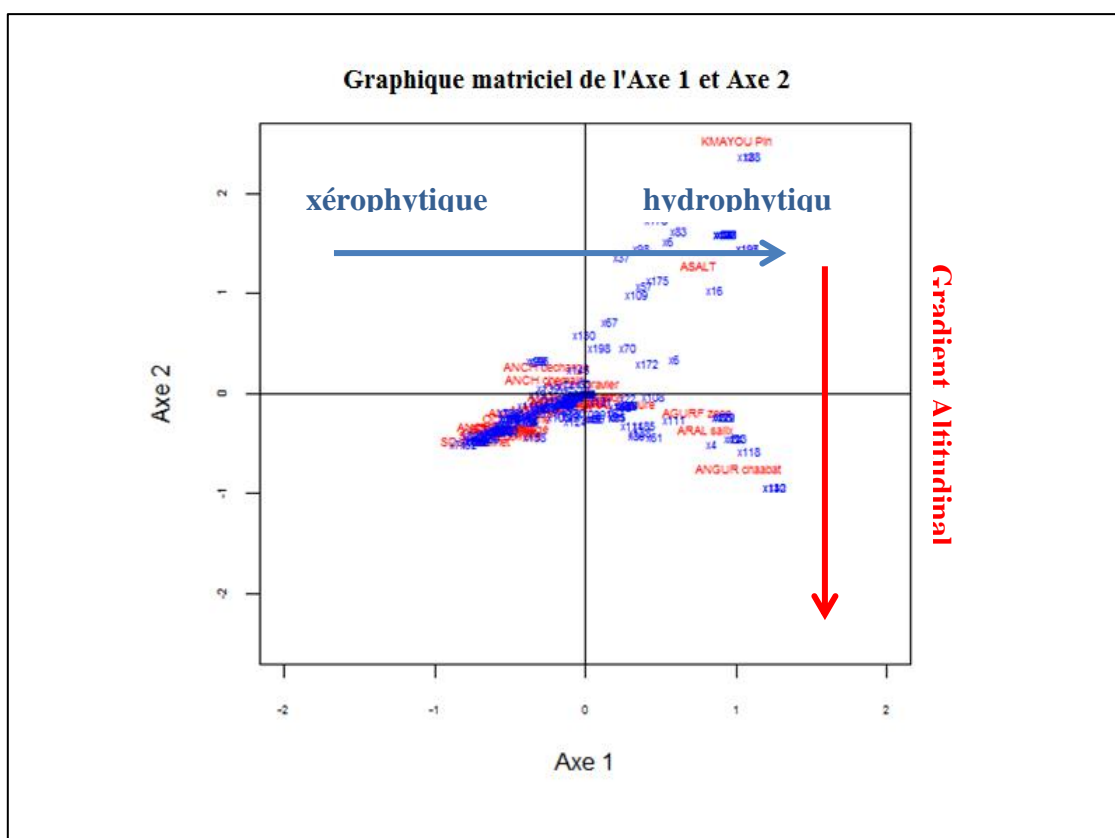


Figure 19 : Plan factoriel 1/2 de 199 espèces X 25 relevés

### 2.8. Relation entre la richesse floristique et les variables étudiées

La relation entre la richesse floristique, les variables environnementales ont fait l'objet d'une analyse de régression.

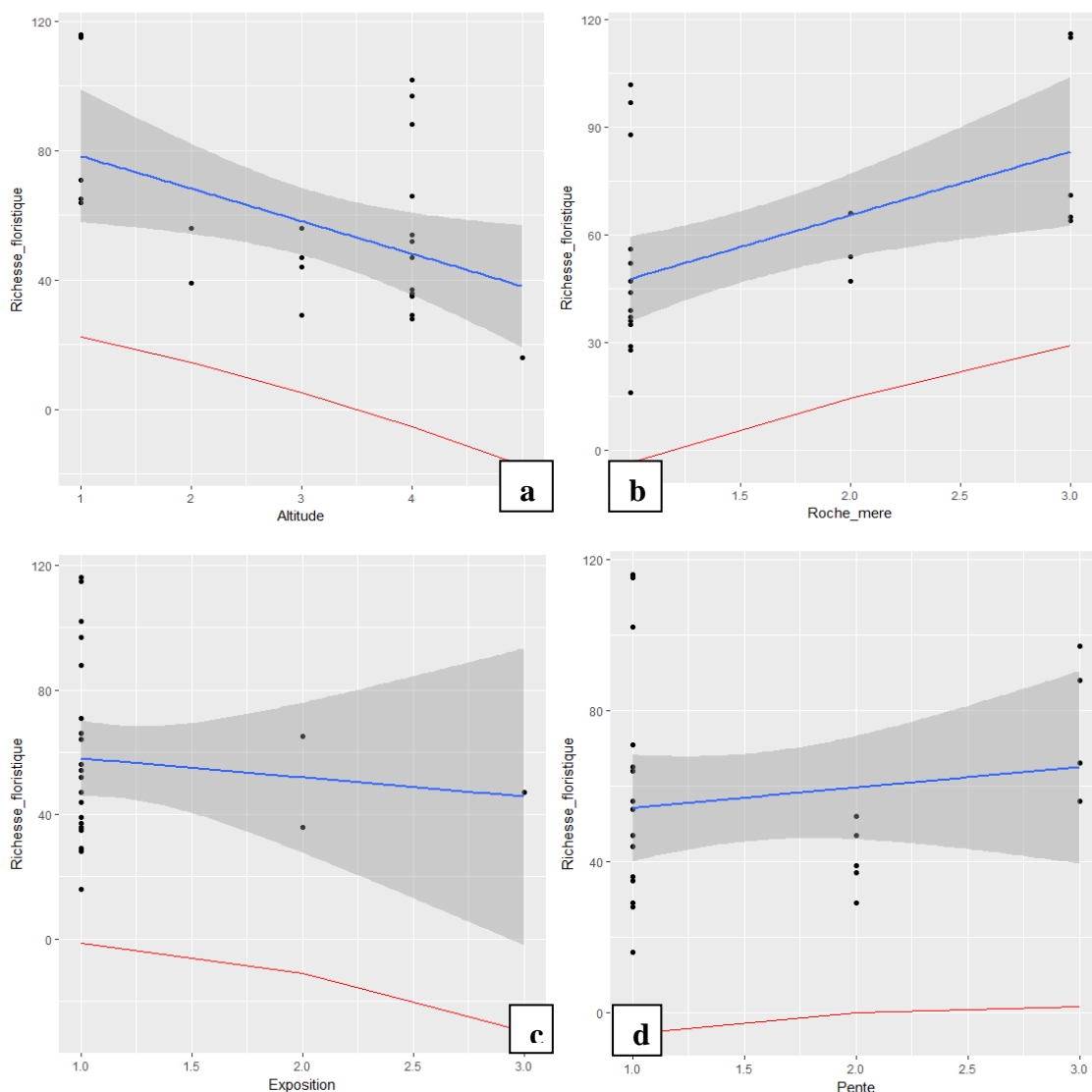
Le coefficient de corrélation  $r^2 = 0,42$  implique que 42% de la richesse spécifique des stations étudiées est expliquée par six variables, à savoir, l'altitude, la pente, la roche mère, l'exposition et le recouvrement des espèces ligneuses et herbacées (Fig. 20).

## CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE LA PETITE KABYLIE DE COLLO

Cependant, 68% de l'organisation de cette richesse floristique peut s'expliquer par d'autres variables non prises en compte dans ce travail.

La corrélation entre la richesse floristique et l'altitude ( $r^2 = 0,21$ ) la richesse floristique et la roche mère ( $r^2 = 0,27$ ) sont faibles. Ceci signifie que ces paramètres fournissent moins d'informations au modèle (Fig. 20).

Néanmoins, les corrélations entre la richesse floristique et l'exposition, la pente et le recouvrement des espèces ligneuses et herbacées ne sont pas significatives (respectivement,  $r^2 = 0,01, 0,02, 0,05$  et  $0,07$ ) et fournissent peu d'informations au modèle (Fig. 20).



## CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE LA PETITE KABYLIE DE COLLO

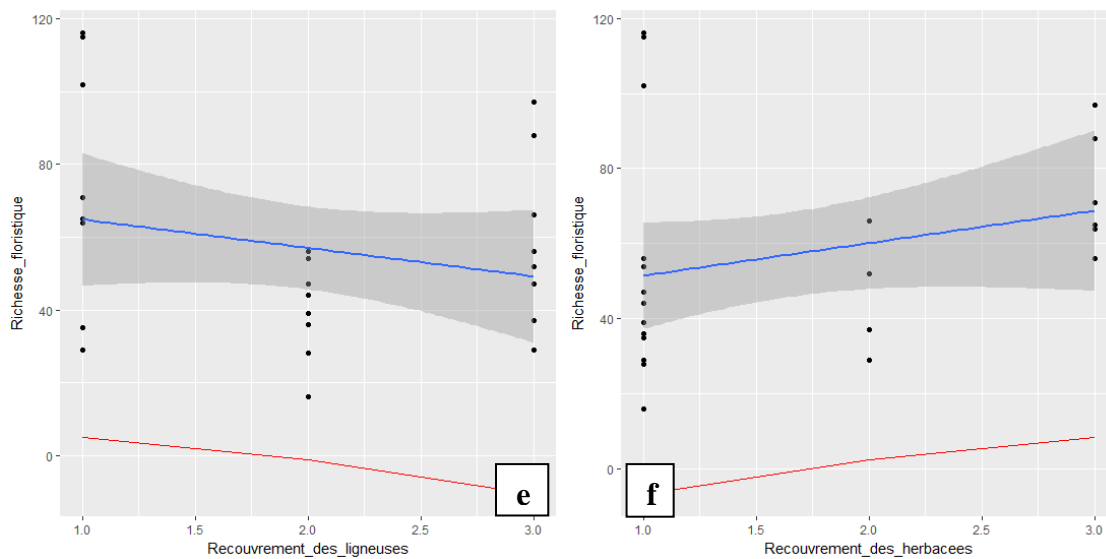


Figure 20 : a : Corrélation entre la richesse floristique et a : l'altitude ; b : la roche mère ; c : l'exposition ; d : la pente ; e : le recouvrement des ligneuses et f : le recouvrement des herbacées.

### 2.9. Relation entre les variables environnementales étudiés

Les coefficients de similarité Cs calculés pour les variables étudiées (deux à deux), nous donnent les taux de similitude par rapport aux facteurs environnementaux. Les taux obtenus ont été soumis à une étude de corrélation en rapport avec les distances qui séparent les variables respectifs (Fig 21).

Les taux de similarités les plus élevés sont enregistrés entre le recouvrement des ligneux et la pente (73 % de ressemblance dans les variables), entre le recouvrement des herbacées et la pente (55 % de ressemblance dans les variables).

Les similitudes les plus faibles ont été enregistrées entre l'exposition et le recouvrement ligneux (11 %), entre l'exposition et la roche mère (21 %). En revanche cette analyse a montré une augmentation de l'altitude accompagnée par une réduction de la roche mère, cela s'explique que l'élévation altitudinale combinée à la rigueur accrue des conditions climatiques entraînent en effet un défaut de minéralisation s'accompagnant d'une accumulation de matière organique entraînant l'expression de processus d'évolution des sols de plus en plus marqués dans les sols de versants d'altitude (processus de podzolisation liés à la présence de substances organiques, actions entraînant la possibilité de dégradation des argiles et l'apparition d'aluminium libre) (Bornand et Menier,1989).

**CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE  
LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

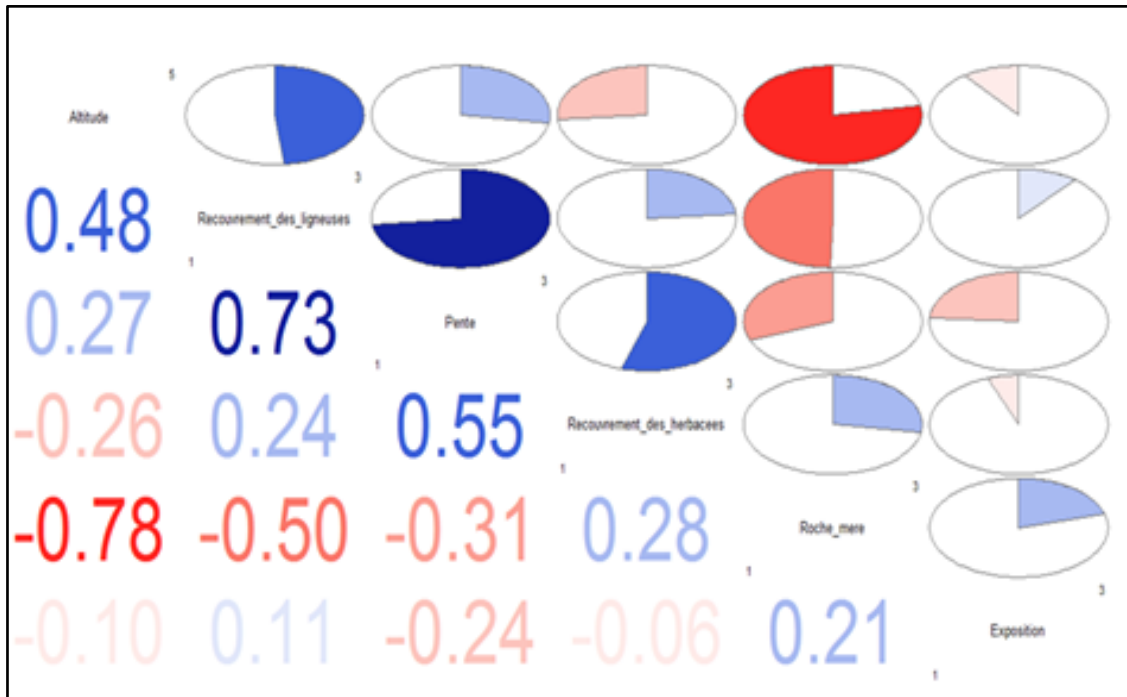


Figure 21 : La relation entre les variables environnementales étudiés

**2.10. Distribution potentielle 3D des composants du sol en fonction de la richesse botanique**

L'ensemble des stations étudiées répond aux bases de la biogéographie édaphique en remplissant l'effet de l'humidité du sol (les mares temporaires abritent plus d'espèces que le maquis dense) et l'effet de la texture du sol (les stations sablo-limoneuses ont tendance à être plus pauvres en espèces que les stations sablo-argileuses).

En revanche, la comparaison de l'humidité et du nombre de taxons correspond effectivement à une distribution potentielle (Fig. 22).

**CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE  
LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

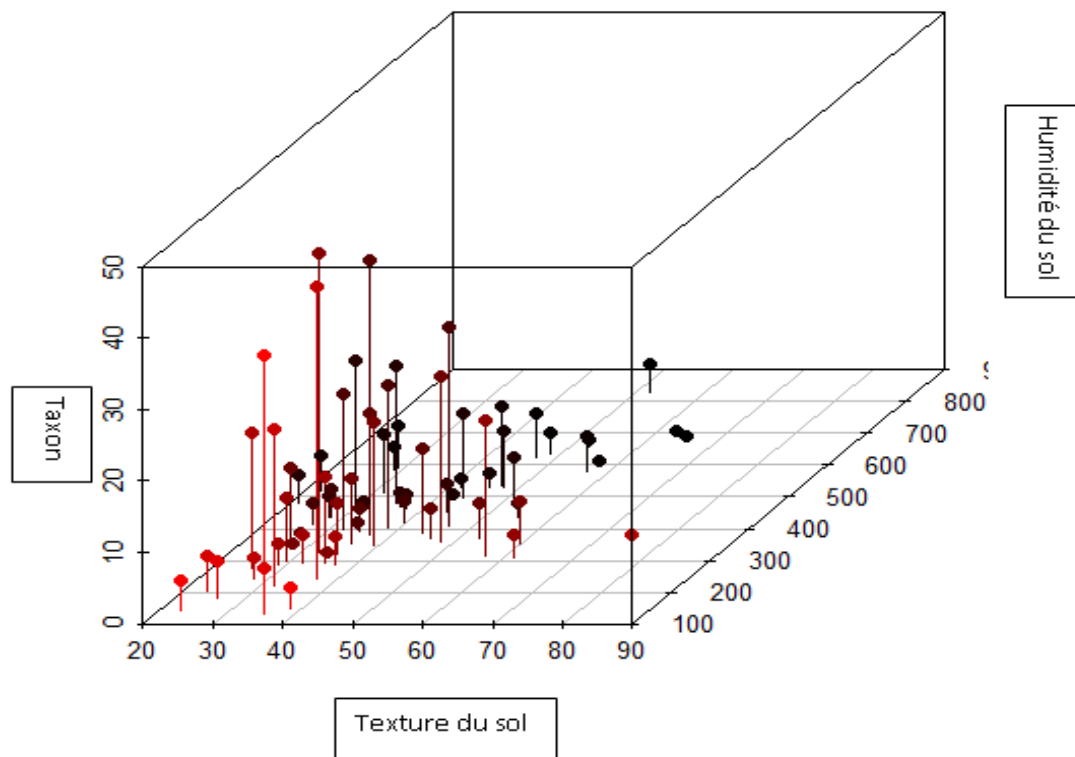


Figure 22 : La Distribution potentielle 3D des composants du sol en fonction de la riche botanique

**2.11. Analyse en composantes principales (ACP) de Pearson**

Chaque point (station) est caractérisé par un ensemble de 11 variables représentant les différentes analyses réalisées ainsi que les caractéristiques de nos sites.

Notre logiciel permet d'obtenir des vecteurs centrés dont la direction sur les axes factoriels désigne la partie du nuage de points affectée par l'action des facteurs concernés et dont la longueur indique leur intensité. Les deux premiers axes factoriels emportent respectivement 65,25 % et 17,712 % de la variance, soit près de 82,962 % de la variance totale. Nous ne retiendrons donc que les deux premiers axes pour l'interprétation de l'analyse. La superficie des symboles-points est proportionnelle aux valeurs prises par les variables. Projetés sur le Plan F1xF2, les nuages de points sont structurés selon quatre groupes distincts, représentant les différentes stations étudiées.

**CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE  
LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

Tableau 12 : Valeurs propres des différents axes.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Valeur propre	7,177	1,948	1,359	0,375	0,099	0,033	0,007	0,001	0,000
Variabilité (%)	65,250	17,712	12,353	3,408	0,903	0,304	0,063	0,007	0,000
% cumulé	65,250	82,962	95,315	98,723	99,626	99,930	99,993	100,000	100,000

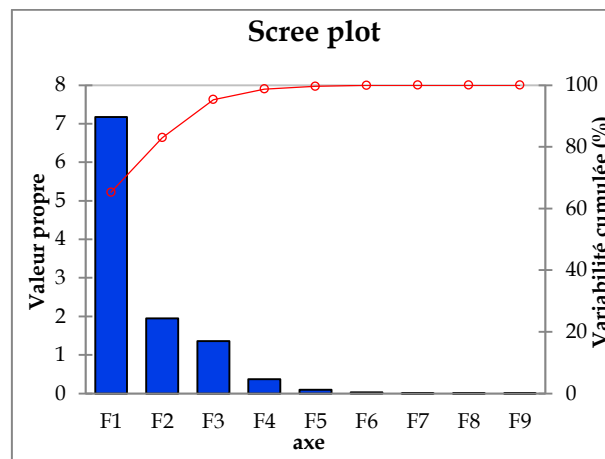


Figure 23 : Représentation graphique des valeurs propres et de la variance cumulée des composantes principales.

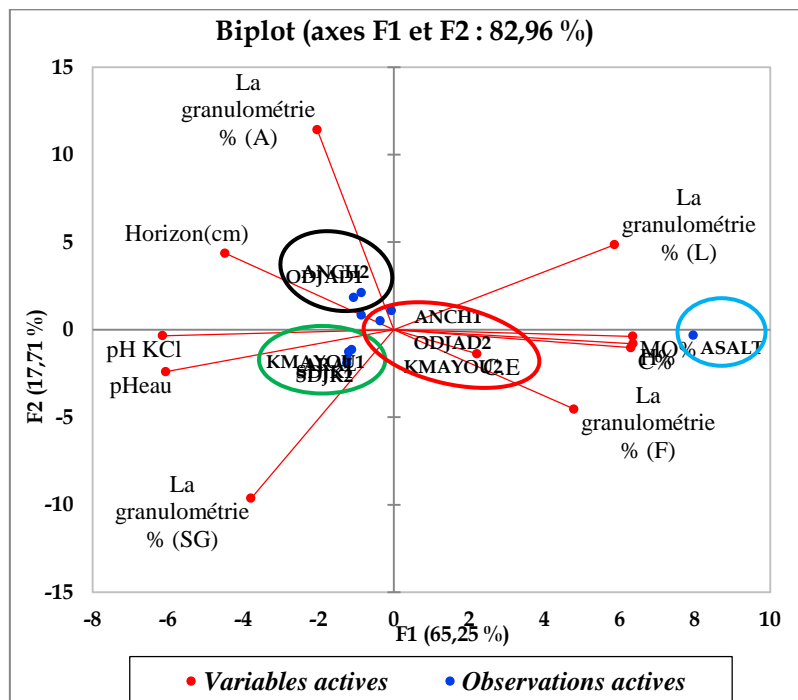


Figure 24 : Projection des paramètres physico-chimiques analysés dans le sol des 6 stations étudiées, [Bleu ciel : Groupe 1 ; Vert : Groupe 2 ; Rouge : Groupe 3 ; Noir : Groupe 4].

## **CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

### **Interprétation de l'ACP de Pearson**

#### **1. Explication de la variance**

Les deux premières composantes principales expliquent ensemble environ **82%** de la variance totale des données :

- **PC1 (65.2%)** : Capture la majorité des variations dans les données.
- **PC2 (17.7%)** : Capture une partie supplémentaire mais beaucoup plus faible.

Les autres composantes expliquent beaucoup moins d'informations, ce qui signifie que l'essentiel de la structure des données est bien représenté par les deux premiers axes.

#### **2. Contribution des variables aux composantes principales**

Chaque variable contribue différemment aux axes principaux :

- **PC1 (axe principal de variation)**
  - Positivement corrélé avec **la Matière Organique (MO %)**, **le Carbone (C %)**, **l'Humidité (H %)** → Ces trois paramètres sont fortement liés.
  - Négativement corrélé avec **le pH (eau et KCl)**, **la Conductivité Électrique (C.E)** et certains paramètres granulométriques.
- **PC2 (axe secondaire de variation)**
  - Fortement influencé par **la granulométrie, notamment le pourcentage d'argile et de sable grossier.**
  - Sépare les échantillons selon des textures de sols différentes.

#### **3. Analyse des groupes d'échantillons**

- Les échantillons contenant **beaucoup de matière organique (MO) et de carbone (C)** (comme *ASALT*) seront situés d'un côté du PC1.
- Les sols ayant **une granulométrie spécifique** (comme *SDJK1* et *SDJK2* avec un pourcentage élevé de sable grossier) seront séparés sur PC2.
- Les sols ayant une **faible teneur en MO et C, mais un pH plus élevé** (comme *KMAYOUI*, *KMAYOU2*, et *ARAL*) seront éloignés de *ASALT*.

En résumé :

- L'ACP met en évidence **deux grands axes de structuration des sols** :
  1. Un axe **matière organique et chimie du sol** (PC1).
  2. Un axe **granulométrie et texture des sols** (PC2).

## **CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

- Il est possible d'interpréter les groupes d'échantillons en fonction de leur position sur ces axes.

### **Groupes identifiés par l'ACP**

L'ACP a mis en évidence plusieurs groupes en fonction de la répartition des échantillons sur les deux premiers axes :

1. **Groupe 1 (Échantillons riches en MO, C et H, fortement distincts)**
  - **ASALT** : Cet échantillon est extrêmement éloigné des autres sur **PC1**, indiquant une très forte teneur en matière organique (MO), en carbone (C) et en humidité (H). Il est isolé par rapport aux autres sols.
2. **Groupe 2 (Sols ayant une faible granulométrie en argile et sable fin, influence de la texture)**
  - **SDJK1, SDJK2, ARAL, KMAYOU1** : Ces échantillons sont situés **du côté négatif des deux axes**, ce qui indique qu'ils partagent une composition granulométrique similaire avec une dominance du sable grossier.
3. **Groupe 3 (Sols intermédiaires en granulométrie et MO)**
  - **KMAYOU2, ODJAD2, ANCH1** : Ces échantillons sont **modérément centrés**, montrant une certaine variabilité mais sans forte domination d'un paramètre.
4. **Groupe 4 (Sols légèrement différenciés par leur granulométrie et pH)**
  - **ANCH2, ODJAD1** : Ces échantillons sont plutôt **du côté positif de PC2**, indiquant des différences granulométriques par rapport aux autres.

### **Interprétation des groupes**

- **ASALT** est un sol très **organique et distinct** des autres.
- **SDJK1, SDJK2, ARAL, KMAYOU1** forment un groupe de sols **plutôt sableux et faiblement organiques**.
- **KMAYOU2, ODJAD2, ANCH1** sont **intermédiaires** en termes de texture et de chimie.
- **ANCH2 et ODJAD1** ont des caractéristiques **légèrement différentes des autres**, notamment en pH et en structure du sol.

### **V.3. Conclusion**

Les résultats présentés dans le cadre de ce travail révèlent la présence de 199 espèces, les différentes formes de dégradations telles que les incendies, les défrichements et le pâturage, rend hypothétique le maintien à long terme de cette flore. Ces conditions ont permis le

**CHAPITRE.V : PHYTOECOLOGIE DES GROUPEMENTS VEGETAUX DE  
LA PETITE KABYLIE DE COLLO**

développement d'une flore composée principalement de 30,65% de thérophytes, soit 61 taxons. L'élément méditerranéen est bien représenté avec près de 60,30 % de la flore recensée. Les mares étudiées abritent 15 taxons endémiques, leur conférant une importance particulière en termes de conservation de la diversité génétique des espèces considérées. En termes de conservation, il y a lieu de rappeler la nécessité de mettre en place rapidement des mesures de protection des mares temporelles de la région d'étude, notamment en encadrant les nouvelles pratiques agricoles non traditionnelles pouvant porter atteinte à certaines espèces et à leurs habitats.

### VI.1. Les relations sol-végétation

Les relations entre le sol et la végétation s'inscrivent dans une dynamique de coévolution, où chaque élément façonne et conditionne l'autre. Le sol, loin d'être un substrat inerte, résulte en grande partie de l'activité biologique des plantes, notamment par la fragmentation de la roche-mère via les racines, et l'apport en matière organique par la litière (Jenny, 1941 ; Brady et Weil, 2008). Cette matière organique, en se décomposant, contribue à la formation de l'humus, enrichissant le sol en nutriments et améliorant sa structure (Lavelle et Spain, 2001). La végétation, quant à elle, dépend étroitement des propriétés physico-chimiques du sol – texture, pH, teneur en nutriments qui influencent la distribution et la composition des espèces (Chapin et *al.*, 2011). Ce lien est particulièrement manifesté dans les premières étapes de la succession écologique, où les espèces pionnières modifient le sol et ouvrent la voie à des communautés végétales plus complexes (Walker et del Moral, 2003). Ainsi, l'étude des interactions sol-végétation offre une lecture intégrée de la dynamique des écosystèmes et de leur évolution dans le temps.

Face aux pressions croissantes exercées sur les écosystèmes, notamment dans les zones écologiquement sensibles, il devient impératif de comprendre les processus internes qui conditionnent leur stabilité. L'interaction entre les propriétés du sol et la composition de la végétation constitue un indicateur précieux de la dynamique écologique et de la résilience des milieux naturels (Lavorel et Garnier, 2002 ; Chapin et *al.*, 2011).

Dans la région de l'Oued Zhor, située dans le Nord-Est algérien, la coexistence de formations forestières et de zones hydromorphes sur des substrats variés offre un terrain d'étude particulièrement riche (Marre 1992). Cette diversité édaphique et hydrique permet de décrypter les relations fonctionnelles entre sol et végétation, de suivre les trajectoires de transformation écologique, et d'identifier les leviers d'action pour une conservation durable et adaptée à ces écosystèmes vulnérables (Daget, 1977 ; Freschet et *al.*, 2021).

D'un point de vue hydrologique, les stress liés aux variations saisonnières ou aux événements extrêmes tels que les crues périodiques modifient sensiblement la composition physique du sol. Ces modifications affectent la structure des agrégats, rendant le sol plus vulnérable à l'érosion et à la perte de nutriments (Ran et *al.*, 2020).

Par ailleurs, les transformations du régime hydrologique, qu'elles soient naturelles ou anthropiques, entraînent des changements dans l'altimétrie et la configuration spatiale des sols, influençant directement la mosaïque paysagère et la résilience des habitats (Watts, 2010).

L'analyse des sols dans la région d'Oued Zhor révèle une grande hétérogénéité en lien avec la nature géomorphologique des sites. Dans les mares temporaires, les sols présentent des traits d'hydromorphie marqués, une forte teneur en matière organique et une texture fine (argilo-limoneuse) favorisant la rétention en eau. Ces caractéristiques sont proches de celles décrites par Rhazi et *al.* (2001) dans les zones humides temporaires du Maroc, où les cycles d'inondation-séchage influencent fortement la dynamique de la flore hygrophile.

À l'opposé des zones hydromorphes, les massifs forestiers de la région, tels que ceux dominés par *Quercus suber* (le chêne-liège) ou *Pinus pinaster* (le pin maritime), se développent sur des sols majoritairement acides à légèrement neutres, bien drainés, où les processus pédogénétiques opèrent à un rythme plus lent mais plus stable. Dans ces environnements forestiers, la litière issue des feuilles, aiguilles et autres débris organiques s'accumule en surface et subit une décomposition progressive. Ce processus génère un horizon humifère riche et bien structuré, qui joue un rôle fondamental dans la stabilisation des agrégats du sol, la régulation de l'humidité, ainsi que la rétention et la libération graduelle des éléments nutritifs nécessaires à la croissance végétale (Aubert, 1979 ; Duchaufour, 1983 ; Jabiol et *al.*, 2007).

Ce lien étroit entre la composition de la végétation forestière et les propriétés pédologiques traduit une coévolution harmonieuse entre les systèmes racinaires, les micro-organismes du sol et les processus de formation de l'humus, conférant à ces milieux une certaine résilience écologique face aux perturbations naturelles ou anthropiques (Lavelle et *al.*, 2001).

Ainsi, la forêt méditerranéenne ne se contente pas de refléter les caractéristiques du sol : elle en est également une co-architecte active, modelant, au fil du temps, les traits essentiels de son habitat. Les relevés floristiques réalisés sur le terrain révèlent une différenciation marquée entre les communautés végétales des zones humides temporaires et celles des milieux forestiers environnants. Dans les dépressions humides, telles que les mares temporaires, la flore se compose majoritairement d'espèces hygrophiles, à l'instar de *Juncus bufonius* L., *Alisma lanceolatum* With, *Mentha aquatica* L. et *M. pulegium* L. dont la présence témoigne d'une saturation régulière en eau du substrat. Ces espèces sont bien connues pour leur affinité aux conditions hydromorphes, comme l'ont souligné Grillas et *al.* (2004) dans leurs travaux sur les zones humides méditerranéennes.

À l'inverse, les formations forestières voisines dominées par des peuplements de *Quercus suber*, *Erica arborea* ou encore *Cistus monspeliensis* s'établissent sur des sols plus drainants, souvent acides et pauvres en nutriments. Ce type de cortège végétal est caractéristique des substrats siliceux ou légèrement podzolisés, où les processus de lessivage limitent la disponibilité minérale. Ces observations sont en cohérence avec les résultats obtenus par

Quézel et Médail (2003) et corroborés par Lembrouk et Sadoudi (2022), qui mettent en évidence l'influence déterminante des propriétés pédologiques sur la composition floristique dans les régions forestières méditerranéennes.

Les communautés végétales entretiennent une relation étroite et continue avec leur sol, influençant sa formation, sa structuration et son fonctionnement au fil du temps. Cette interaction bidirectionnelle façonne non seulement les caractéristiques édaphiques, mais conditionne également la distribution et la dynamique des espèces végétales (Freschet et al., 2021). C'est dans cette optique que notre étude s'est intéressée à la corrélation entre la composition floristique et la qualité physico-chimique du sol dans les stations échantillonnées. Les analyses multivariées, notamment l'Analyse en Composantes Principales (ACP), ont mis en évidence une forte association entre la végétation observée et un sol de texture limono-sableuse, présentant une richesse notable en matière organique et caractérisé par un pH neutre. Ces résultats rejoignent les conclusions de (Chapin et al., 2011 ; Lembrouk et al., 2022) , qui soulignent que la végétation est fortement influencée par un ensemble de facteurs édaphiques, qu'ils soient physiques (structure du sol, porosité), chimiques (pH, teneur en nutriments) ou biologiques (activité microbienne, matière organique). Ainsi, le sol et la végétation forment un système dynamique et interdépendant, où chaque élément modèle l'autre, contribuant à la stabilité et à la résilience des écosystèmes.

Ainsi, la distribution des espèces végétales dans ces deux milieux illustre bien la réponse des communautés biologiques aux gradients édaphiques et hydriques, et reflète la complexité des interactions sol-végétation dans des écosystèmes soumis à de fortes hétérogénéités environnementales.

Les résultats obtenus confirment l'importance d'une approche intégrée sol-végétation dans la compréhension des écosystèmes. À oued Zhor, la diversité des sols, combinée à une hétérogénéité topographique et hydrique, crée une mosaïque écologique particulièrement sensible aux perturbations. Toute modification de l'un de ces éléments (déforestation, drainage, pollution) pourrait entraîner des déséquilibres durables, affectant aussi bien la flore que la dynamique du sol. Ces constats soulignent la nécessité de protéger ces milieux en tant que systèmes interactifs, comme le recommandent Gounot (1969) et Gharzouli (2000) dans leurs travaux sur la gestion durable des paysages méditerranéens.

Les relations entre le sol et la végétation s'inscrivent dans un processus de coévolution dynamique, où chaque composante agit en retour sur l'autre. Le sol, loin d'être un simple support passif, est en partie le produit de l'activité biologique des plantes, notamment par la fragmentation de la roche-mère via les systèmes racinaires, et l'enrichissement en matière organique grâce à la litière végétale (Jenny, 1941 ; Brady et Weil, 2008). Cette dernière, par

sa décomposition progressive, contribue à la formation de l'humus, améliorant ainsi la structure, la fertilité et la capacité de rétention en eau du sol (Lavelle et Spain, 2001).

La végétation, en retour, dépend étroitement des propriétés physico-chimiques du sol, telles que la texture, le pH, ou encore la teneur en nutriments, qui influencent directement la composition floristique et la répartition des espèces (Chapin et *al.*, 2011). Cette interdépendance est particulièrement manifeste lors des premières étapes de la succession écologique, lorsque les espèces pionnières modifient l'environnement édapho-climatique, facilitant ainsi l'installation de communautés plus complexes (Walker et del Moral, 2003).

Dans les contextes où les écosystèmes sont soumis à de fortes pressions écologiques, comme c'est le cas dans certaines zones sensibles, la compréhension des interactions internes devient cruciale pour appréhender les dynamiques de stabilité et de résilience. L'interaction entre sol et végétation constitue ainsi un excellent indicateur du fonctionnement écologique et du potentiel adaptatif des milieux (Lavorel et Garnier, 2002 ; Chapin et *al.*, 2011).

La région de l'Oued Zhor, située dans le Nord-Est de l'Algérie, illustre bien cette dynamique, avec une juxtaposition de milieux hydromorphes et de formations forestières sur des substrats variés. Cette variabilité édaphique et hydrique en fait un territoire d'observation privilégié pour l'étude des relations fonctionnelles sol-végétation et pour l'identification des facteurs influençant la transformation des écosystèmes (Daget, 1977 ; Freschet et *al.*, 2021).

Les variations saisonnières ou les événements extrêmes, tels que les crues, modifient sensiblement la structure physique des sols, rendant les agrégats plus vulnérables à l'érosion et à la perte en nutriments (Ran et *al.*, 2020). Les modifications du régime hydrologique, qu'elles soient naturelles ou d'origine anthropique, impactent également la configuration spatiale des sols et influencent la résilience des habitats (Watts et *al.*, 2010).

Les analyses menées dans la région démontrent une forte hétérogénéité des sols liée à la géomorphologie locale. Les mares temporaires se caractérisent par des sols hydromorphes, riches en matière organique, de texture argilo-limoneuse, favorisant une bonne rétention en eau. Ces traits rejoignent les observations de Rhazi et *al.* (2001) sur les zones humides temporaires du Maroc, où les alternances inondation-sécheresse influencent la dynamique de la flore hygrophile.

À l'opposé, les formations forestières à *Quercus suber* et *Pinus pinaster* reposent sur des sols acides à neutres, bien drainés, dont les processus de développement sont lents mais stables. La décomposition de la litière y génère un horizon humifère riche, jouant un rôle fondamental dans la stabilisation des agrégats, la régulation hydrique et la disponibilité des nutriments (Aubert, 1979 ; Duchaufour, 1983 ; Jabiol et *al.*, 2007). Ce lien traduit une coévolution entre

les racines, les microorganismes du sol et les processus de formation de l'humus (Lavelle et al., 2001).

Les relevés floristiques réalisés sur le terrain révèlent une séparation nette entre les cortèges des zones humides, dominées par des espèces hygrophiles comme *Juncus articulatus*, *Eleocharis palustris* et *Mentha aquatica* (Grillas et al., 2004), et les forêts voisines abritant *Quercus suber*, *Erica arborea* ou *Cistus monspeliensis*. Ces dernières s'établissent sur des substrats siliceux ou podzolisés, acides et peu fertiles, conformément aux observations de Quézel et Médail (2003) et aux données de Lembrouk et Sadoudi (2022).

Les analyses multivariées (ACP) menées ont mis en évidence une corrélation forte entre la composition floristique et certaines caractéristiques édaphiques, notamment une texture limono-sableuse, une richesse en matière organique, et un pH neutre. Ces résultats confirment ceux de Chapin et al. (2011) et Freschet et al. (2021), qui insistent sur l'influence conjointe des propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol sur la végétation.

En somme, l'étude de la région de l'Oued Zhor met en lumière l'importance d'une approche écologique intégrée, où sol et végétation forment un système interdépendant. La forte hétérogénéité écologique rend ces milieux sensibles aux perturbations, justifiant la mise en place de mesures de conservation adaptées, comme le recommandent (Bennadja et al., 2013 ; Aronson et al., 2001) dans une perspective de gestion durable des paysages méditerranéens.

## VII.1 Etude pollinique

L'analyse du référentiel pollinique actuel a permis de dresser une première liste des principaux taxons indicateurs de l'état écologique du milieu étudié. Bien que pertinente, cette liste demeure partielle et présente certaines limites. La première tient au caractère restreint de l'échantillonnage, qui ne permet pas de rendre compte de la diversité des milieux présents. La seconde réside dans l'absence d'un inventaire pollinique spécifique à la région d'Oued Zhor, cette zone n'ayant, à ce jour, fait l'objet d'aucune étude palynologique approfondie.

### 1.1. Spectre pollinique des deux mares

Les spectres polliniques de surface des deux mares montrent une bonne conservation du signal et une flore pollinique diversifiée englobant 52 taxons appartenant à 38 familles et qui représente une somme pollinique de l'ordre de 3093 grains de pollen.

Un total de 36 taxons polliniques est enregistré dans la mare Ain Salhat avec une somme pollinique de l'ordre de 652 grains. Les pourcentages des taxons arborés dominant cet assemblage, atteignant un taux de 47,4 %, suivi par les herbacés 24,5%, arbustifs avec 24,4% et enfin les indéterminés avec 3,7%. Dans ce spectre, le taxon *Alnus* cf. *glutinosa* est le plus dominant avec 22,5% suivi de *Quercus suber* 7,9% et *Pinus* 5,6%, le reste des taxons polliniques arborés (*Quercus* cf. *canariensis*, *Castanea sativa*, *Ulmus* cf. *minor*, *Populus* sp., *Salix* sp. et *Ficus* sp.) est représenté par 8,8% seulement. Dans la strate arbustive, le pollen d'*Erica*-type domine ce spectre avec un taux de 14,5%, suivi de *Phillyrea* et *Cistus*-type avec 4,3%, les autres taxons polliniques sont de l'ordre de <2%.

Enfin, dans les herbacées, les *Poaceae*, *Asteraceae* et *Cyperaceae* ont un signal pollinique autour de 11,8%, suivi de *Ranunculus*-type, *Mentha*-type, *Brassicaceae*, *Chenopodium* sp., *Apiaceae* et *Artemisia* avec <2%. Les taxons polliniques *Asphodelus* cf. *ramosus*, *Daphne gnidium*, *Silene*-type ne sont pas présents dans ce spectre alors qu'ils sont très bien présents dans les relevés de végétation, contrairement au taxon *Artemisia* qui présente un spectre <1%.

Dans la mare Aoural, la somme pollinique est de l'ordre de 2441 grains. Elle est dominée par des herbacées avec 37%, en particulier avec des *Poaceae*, des *Asteraceae*, des *Cyperaceae*, *Apiaceae* et *Iris*-type de l'ordre de 15,1%. Les autres taxons polliniques enregistrés dans cette mare sont de l'ordre <2%. En revanche, les taxons polliniques de la strate arborée et arbustive sont de l'ordre de 36% et 23,4% respectivement, les indéterminés sont à 3,6%. Dans cet assemblage, le pollen d'*Alnus* est le plus dominant avec 18,6%, suivi d'*Erica*-type (11,4%), *Olea* (3,9%), *Quercus suber* (3,6%) et *Pinus* (0,7 %). Les autres essences arborées à savoir *Quercus caduc*, *Castanea sativa*, *Ulmus* cf. *minor*, *Populus* sp. et *Ficus carica* sont de l'ordre de <3% (Tab. 13).

VII : ETUDE POLLINIQUE

Tableau 13 : Les fréquences polliniques dans les cinq prélèvements de la surface des deux mares étudiées. NG : nombre de grains comptés ; FP : Fréquence pollinique (en %).

Pollen /Echantillon	Aoural 1 (Aou1)		Aoural 2 (Aou2)		Aoural 3 (Aou3)		Aoural 4 (Aou4)		Ain Salhat	
	NG	FP	NG	FP	NG	FP	NG	FP	NG	FP
<i>Acacia</i>	1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alnus</i>	105	15,6	120	18,3	98	17,9	130	22,4	147	22,2
<i>Apiaceae</i>	19	2,8	21	3,2	17	3,1	14	2,4	12	1,8
<i>Arbutus</i>	3	0,4	4	0,6	2	0,4	3	0,5	4	0,6
<i>Artemisia</i>	1	0,1	-	-	-	-	-	-	2	0,3
<i>Asphodelus</i>	14	2,1	9	1,4	11	2,0	9	1,5	11	1,7
<i>Asteraceae</i>	34	5,1	28	4,3	21	3,8	19	3,3	26	3,9
<i>Brassicaceae</i>	2	0,3	1	0,2	4	0,7	2	0,3	6	0,9
<i>Callitriche</i>	10	1,5	12	1,8	15	2,7	9	1,5	-	-
<i>Campanulaceae</i>	1	0,1	2	0,3	-	-	1	0,2	2	0,3
<i>Caryophyllaceae</i>	12	1,8	9	1,4	7	1,3	5	0,9	9	1,4
<i>Castanea sativa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	13	2
<i>Celtis australis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	6	0,9
<i>Chenopodium sp.</i>	3	0,4	1	0,2	-	-	2	0,3	3	0,5
<i>Cistus-type</i>	15	2,2	7	1,1	13	2,4	11	1,9	14	2,1
<i>Cratægus-type</i>	3	0,4	4	0,6	1	0,2	2	0,3	-	-
<i>Cucurbitaceae</i>	11	1,6	15	2,3	7	1,3	9	1,5	-	-
<i>Cyperaceae</i>	25	3,7	19	2,9	16	2,9	32	5,5	23	3,5
<i>Daphne</i>	3	0,4	1	0,2	2	0,4	3	0,5	-	-
<i>Ephedra sp.</i>	1	0,1	2	0,3	-	-	3	0,5	-	-
<i>Erica- type</i>	65	9,7	87	13,2	53	9,7	74	12,7	95	14,3
<i>Eucalyptus</i>	2	0,3	-	-	1	0,2	-	-	-	-
<i>Fabaceae</i>	8	1,2	5	0,8	3	0,5	6	1	7	1,1
<i>Ficus carica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	9	1,4
<i>Fraxinus</i>	11	1,6	7	1,1	9	1,6	5	0,9	4	0,6
<i>Indéterminés</i>	19	2,8	22	3,3	26	4,7	21	3,6	24	3,6
<i>Iris-type</i>	22	3,3	28	4,3	20	3,6	27	4,6	-	-
<i>Juncus-type</i>	6	0,9	3	0,5	5	0,9	7	1,2	-	-
<i>Lamiaceae</i>	8	1,2	7	1,1	5	0,9	7	1,2	9	1,4
<i>Hyacinthaceae</i>	6	0,9	9	1,4	12	2,2	4	0,7	6	0,9
<i>Malvaceae</i>	5	0,7	2	0,3	1	0,2	3	0,5	-	-
<i>Mentha-type</i>	7	1	11	1,7	9	1,6	5	0,9	12	1,8
<i>Myrtus</i>	5	0,7	1	0,2	2	0,4	2	0,3	9	1,4
<i>Nerium</i>	3	0,4	6	0,9	2	0,4	1	0,2	-	-
<i>Olea</i>	19	2,8	24	3,7	28	5,1	23	4	5	0,8
<i>Phillyrea</i>	16	2,4	11	1,7	9	1,6	7	1,2	14	2,1

<i>Pinus</i>	5	0,7	3	0,5	6	1,1	4	0,7	37	5,6
<i>Pistacia</i>	19	2,8	16	2,4	12	2,2	9	1,5	5	0,8
<i>Plantago-type</i>	1	0,1	2	0,3	-	-	3	0,5	4	0,6
<i>Poaceae</i>	60	8,9	52	7,9	41	7,5	39	6,7	28	4,2
<i>Polygonum</i>	1	0,1	2	0,3	5	0,9	1	0,2	2	0,3
<i>Populus sp.</i>	7	1	10	1,5	6	1,1	8	1,4	5	0,8
<i>Quercus caduc</i>	12	1,8	9	1,4	10	1,8	11	1,9	16	2,4
<i>Quercus suber</i>	23	3,4	26	4	22	4	19	3,3	52	7,8
<i>Ranunculus-type</i>	5	0,7	3	0,5	4	0,7	2	0,3	12	1,8
<i>Retama sp.</i>	4	0,6	2	0,3	3	0,5	4	0,7	-	-
<i>Rosaceae</i>	17	2,5	12	1,8	11	2	8	1,4	11	1,7
<i>Rumex-type</i>	1	0,1	-	-	-	-	2	0,3	4	0,6
<i>Salix</i>	21	3,1	16	2,4	13	2,4	11	1,9	7	1,1
<i>Silene</i>	4	0,6	2	0,3	-	-	1	0,2	-	-
<i>Solanaceae</i>	4	0,6	6	0,9	3	0,5	1	0,2	-	-
<i>Tamarix</i>	5	0,7	6	0,9	4	0,7	3	0,5	-	-
<i>Ulmus</i>	18	2,7	12	1,8	10	1,8	9	1,5	8	1,2

### 1.2. Diagramme pollinique des deux mares

Les données polliniques prélevées sur les cinq profils de surface dans la région d'Oued Zhor, nous ont permis de dégager trois principales communautés (Fig 25) :

-La communauté des arbres méso-hygrophiles est organisée autour des fruticées ouvertes dominées par des phanéropytes comme *Quercus cf. canariensis*, *Castanea sativa*, *Celtis australis*, *Fraxinus*, *Salix* et *Ulmus cf. minor*.

-La communauté des arbustives méso-hygrophiles est organisée selon un gradient depuis des espèces héliophytiques comme (*Crataegus-type*, *Phillyrea cf. latifolia*, *Erica-type*, *Arbutus cf. unedo*, *Myrtus cf. communis* et *Pistacia lentiscus*) jusqu'à des arbustes hydrophiles comme (*Nerium cf. oleander* et *Tamarix cf. gallica*).

-La communauté des herbacées méso-hygrophiles qui comprennent à la fois les espèces amphibies de mare temporaire (*Callitriche obtusangula*, *Mentha-type*, *Juncus-type* et *Iristype*) et des espèces de pelouses thérophytiques (*Asphodelus cf. ramosus*, *Plantago-type*, *Polygonum-type*, *Ranunculus-type* et *Rumex-type*).

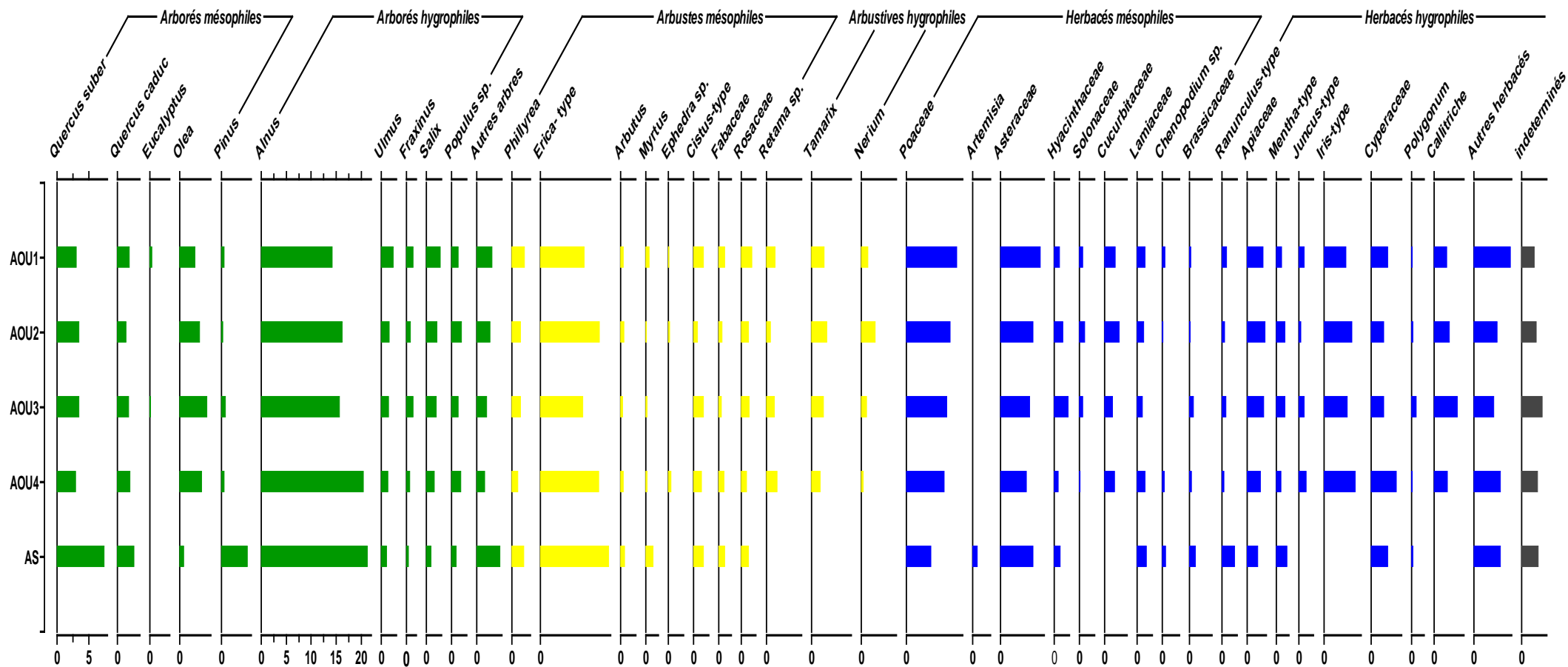


Figure 25 : Diagramme pollinique actuel en pourcentage des deux mares (Aoural et Ain Salhat) dans le bassin versant d'Oued Zhor.

### 1.3. Approche écologique de la pluie pollinique actuelle

Les herbacées des prairies humides de la petite Kabylie orientale (*Asteraceae*, *Apiaceae*, *Poaceae*, *Cyperaceae* et *Ranunculaceae*) constituent l'essentiel des spectres de surface (0,7% à 6,4%). Les fréquences notables des *Malvaceae*, *Brassicaceae* et *Campanulaceae* reflètent les groupements xérophiles des bords des deux mares étudiées. Cependant, les taxons polliniques de la famille des *Asteraceae* peuvent aussi refléter en partie les essences xérophiles de la végétation héliophytique à l'exemple des genres *Echinops*, *Glebionis*, *Hyoseris*, *Scolymus* et *Sonchus*. Le niveau de détermination palynologique et l'analyse dans un contexte des mares sub-humide à humide permettent de séparer deux ensembles, hygrophile local et xérophile régional. Des essences forestières sont également enregistrées dans la mare Ain Salhat avec les taxons *Castanea sativa*, *Celtis australis*, *Quercus caduc* et *Quercus suber*. Toutefois, les résultats obtenus ont également permis de distinguer un cortège diversifié de taxons polliniques terrestres traduisant les activités anthropiques locales, tels qu'*Asphodelus*, *Chenopodium*, *Malva* et *Plantago*. Ces marqueurs polliniques d'anthropisation sont le témoin d'une emprise humaine constante depuis plusieurs années et démontrent une fois de plus la grande valeur d'usage des deux mares pour la population locale. Les taux de *Ranunculus* sont bien corrélés avec la présence de *Ranunculus macrophyllus*, *R. muricatus* et *R. parviflorus* qui connaissent leur maximum d'extension dans les tourbières d'altitude et de la plaine littorale. Toutefois, le spectre de la mare Ain Salhat est représenté par des essences arborées. La présence de quelques grains de pollen allochtones de bioclimat humide (*Alnus*, *Erica*-type, *Quercus* sp. et *Ulmus minor*) dans les échantillons analysés de la mare Aoural illustre le transport du pollen par les différents agents de transport, notamment les vents qui assurent une dispersion hétérogène des grains de pollen. Certaines espèces végétales ne figurent pas dans les relevés floristiques et sont bien présentes dans les spectres polliniques, le cas de *Pinus*, *Eucalyptus*, *Acacia*, *Tamarix*, *Artemisia*, *Solanaceae* et *Cucurbitaceae*.

On note l'absence de certains taxons de pollen dans les enregistrements polliniques, bien qu'ils soient signalés dans les inventaires floristiques, le cas des : *Lythraceae*, *Amaranthaceae*, *Araceae*, *Aristolochiaceae*, *Cactaceae*, *Crassulaceae*, *Euphorbiaceae*, *Gentianaceae* et *Hypericaceae*.

### 1.4. Relation pollen-végétation

Le couplage des données floristiques avec les données polliniques nous a permis de disposer d'un référentiel actuel pour l'interprétation des données fossiles (Ben Tiba 1982; Stambouli-Essassi et al., 2007; Benslama et al., 2010; Youbi et Benslama 2015; Kahit et al., 2017; Ghit

et *al.*, 2018 ; Ali Tatar et *al.*, 2023) et de connaître la précision avec laquelle sont enregistrées la composition et la structuration de la végétation locale dans les assemblages polliniques de surface (Janssen 1979). Ainsi, les résultats obtenus montrent l'enregistrement de la végétation en ceintures. Cette zonation est liée à l'hydrologie qui est le principal facteur structurant la végétation des zones humides temporaires (Grillas *et al.*, 2004; Deil, 2005; de Bélair 2005). Cela pourrait témoigner de l'absence de transport latéral du pollen au sein de nos mares. Il ressort de l'inventaire de la végétation actuelle des deux mares étudiées que nombreuses espèces appartenant aux différentes communautés sont présentes sur le site, mais il n'y a pas de traces polliniques, cela peut être dû à trois possibilités : soit une faible production pollinique, soit une fragilité pollinique ou encore que la période de floraison coïncide avec la saison sèche qui expose le pollen au processus de décomposition (Djemai et *al.*, 2017; Ghit et *al.*, 2018). Toutefois, certains taxons étudiés sont régionaux et donc absents dans les relevés phytocécologiques de nos mares. C'est notamment le cas de *Olea*, *Populus* sp., *Tamarix* et de *Retama* sp. Ces taxons régionaux sont caractérisés par de bonnes dispersions (de Beaulieu et Pons 1979; Brugiapaglia *al.*, 1998; Baron *al.*, 2005; Cornet et Wales 2020) et production polliniques, en particulier le *Pinus* (de Beaulieu *al.*, Pons 1979). La dominance du pollen arboré dans le profil de surface de la mare Ain Salhat est logique, car la dynamique végétale régionale a été essentiellement forestière (Battandier et Trabut 1888-1890; Maire 1952-1987; Quézel et Santa 1962-1963). D'autre part, l'étude floristique permet d'identifier les taxons locaux, présents aujourd'hui sur nos tourbières. Certains de ces taxons sont retrouvés dans les enregistrements polliniques, mais parfois avec des abondances très différentes de leur abondance réelle. L'enregistrement des Geraniaceae est encore plus problématique bien qu'elles sont localement abondantes, le cas de *Geranium molle* L. subsp. *molle* et *Geranium robertianum* subsp. *purpureum* (Vill.) Nyman, tandis que le diagramme n'en indique aucune n'en surface. Geraniaceae ont un faible pouvoir de dispersion (Carrión et *al.*, 2010), malgré que leur pollen a une exine très développée résistante aux conditions de dégradation mais, les conditions locales actuelles (sècheresse prolongée et incendies) peuvent être à l'origine de cette situation, car il a été bien enregistré dans les diagrammes polliniques de l'Algérie orientale (ex. Benslama et *al.*, 2010 ; Djemai et *al.*, 2017), en conditions normales. Le pollen d'*Erica*-type est moyennement présent dans les enregistrements polliniques et les relevés floristiques aux abords de nos mares étudiées. Ceci indique la présence des maquis dégradés et déboisés, ce qui témoigne son abondance locale (Ghit et *al.*, 2018). Poaceae et Asteraceae sont enregistrées à des fréquences > 6 % et > 3% respectivement. Ces taxons sont des indicateurs régionaux caractéristiques des milieux ouverts (Duplessy et Ramstein 2013). Les deux mares étudiées abritent également des taxons patrimoniaux, rares et endémiques, comme

*Bellis prostrata*, *Eryngium pusillum* et *Geranium dissectum* localement abondants, tandis qu'*Alternanthera sessilis*, *Aristolochia paucinervis* et *Linaria pinifolia* sont limités à de petites parcelles périphériques. Ces espèces sont typiques des mares temporaires et nécessitent des conditions hydrologiques particulières pour leur croissance et leur reproduction (de Bélair 2005; Allem et *al.*, 2017). La représentation de la végétation par les assemblages polliniques est susceptible d'être affectée par plusieurs facteurs, notamment la taille du site, la structure de la végétation environnante, les capacités de production et de dispersion du pollen, la résistance des grains de pollen à la dégradation et la précision des identifications lors de l'analyse pollinique (Jacobson et Bradshaw 1981; Muller et *al.*, 2006). Ces facteurs sont susceptibles de limiter l'interprétation de données polliniques, notamment en termes de biodiversité (Odgaard 1999 ; Brun et *al.*, 2007).

### VII.2. Conclusion

A la lumière des résultats issus lors de notre étude palynologique dans les deux mares étudiées dans le bassin versant de Oued Zhor nous ont permis de dégager trois principales communautés (Fig 25) :

- La communauté des arbres méso-hygrophiles est organisée autour des fruticées ouvertes dominées par des phanérophtes.
- La communauté des arbustives méso-hygrophiles est organisée selon un gradient depuis des espèces héliophytiques.
- La communauté des herbacées méso-hygrophiles qui comprennent à la fois les espèces amphibies de mare temporaire et des espèces de pelouses thérophytiques

Un total de 36 taxons polliniques est enregistré dans la mare Ain Salhat avec une somme pollinique de l'ordre de 652 grains.

Les pourcentages des taxons arborés dominant cet assemblage, atteignant un taux de 47,4 %, suivi par les herbacés 24,5%, arbustifs avec 24,4% et enfin les indéterminés avec 3,7%.

# **CONCLUSION GENERALE**

## **Conclusion générale**

Les écosystèmes forestiers et les mares temporaires suscitent un intérêt croissant à l'échelle mondiale en raison de leur valeur écologique, économique et sociale. Ces milieux jouent un rôle crucial non seulement dans la préservation de la biodiversité, mais également dans la régulation hydrique et la séquestration du carbone. Ils offrent également des services écosystémiques essentiels aux populations locales, allant de la collecte de ressources naturelles à la régulation du cycle de l'eau.

L'étude menée dans la région de l'Oued Zhor met en lumière la richesse et la complexité des écosystèmes de cette zone du Nord-Est algérien, où interagissent de manière étroite les composantes édaphiques, floristiques et climatiques. À travers une approche intégrée combinant des analyses physico-chimiques des sols, une étude phytoécologique fine des groupements végétaux et des mares temporaires, ainsi qu'une lecture palynologique de la végétation actuelle, nous avons pu cerner les mécanismes écologiques qui sont à la base de la structuration et l'évolution de ces milieux sensibles.

La caractérisation physico-chimique réalisée sur les formations végétales de la zone étudiée ont révélé des sols à texture argilo-sableuse, limono-sableuse et sableuse et sont tous acides, et que leur conductivité électrique n'est pas élevée. Le taux de matière organique était dans l'ensemble de toutes les stations élevé, ce qui explique la richesse en matière organique de la région d'étude.

L'étude de la végétation a permis de mettre en évidence 199 espèces dont 13 sont endémiques. Ainsi, l'étude floristique des deux plans d'eau tourbeux a révélé l'existence de 174 taxa dont 119 taxa pour la mare Aoural et 109 taxa pour la mare Ain Salhat.

Sur le plan biogéographique, les sites étudiés sont de type méditerranéen. La région d'étude abrite des espèces rares, Leur disparition est provoquée principalement par le facteur surpâturage et les incendie.

L'analyse pollinique de sédiments de surface de ces deux mares a permis d'identifier 56 taxons. Dans la mare de Ain Salhat, les pourcentages des taxons des arborées dominant cet assemblage, atteignant un taux de (44,7 %), suivis par les herbacées (28,7%) et enfin les arbustives avec (23%), ceci est dû à la position de la mare dans un milieu forestier boisé. D'autre part dans la mare Aoural, les herbacées dominant ces spectres (43,4%), suivies des arbres qui sont de l'ordre (32,2%) et enfin les arbustes environ (21%).

L'apport de l'analyse pollinique à la connaissance de la flore actuelle des deux mares étudiées est de 21,26%. Au total, 186 espèces ont été recensées grâce à ces deux méthodes, dont 12 espèces ont été observées seulement dans le spectre pollinique. Les taxons polliniques

dominants et les groupements végétaux actuels, soulignant ainsi la continuité écologique mais aussi la fragilité de ces milieux face aux pressions environnementales.

Les résultats révèlent une relation intime et dynamique entre le sol et la végétation, où chaque élément influe et répond à l'autre dans un processus de coévolution. Les sols hydromorphes, riches en matière organique mais contraints par une saturation hydrique temporaire, hébergent une flore spécifique, adaptative, à forte affinité hygrophile. En parallèle, les massifs forestiers reposent sur des sols plus acides, bien drainés, où les processus pédogénétiques sont plus lents mais plus stables, favorisant une végétation sclérophylle typique des paysages méditerranéens.

Les analyses multivariées ont confirmé que les caractéristiques physico-chimiques des sols (pH, texture, matière organique) conditionnent fortement la distribution floristique observée, validant l'hypothèse d'un système sol-végétation interdépendant.

Cette recherche met en évidence la valeur écologique stratégique de la mosaïque paysagère de l'Oued Zhor, qui constitue à la fois un réservoir de biodiversité, un marqueur des interactions biogéochimiques, et un indicateur de résilience face aux changements globaux. Elle appelle, en ce sens, à une gestion écosystémique éclairée et durable, qui tienne compte de la complexité des interactions sol-végétation et de la spécificité des habitats locaux, en particulier dans le contexte de la raréfaction des zones humides méditerranéennes.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## Références bibliographiques

AFES, (1995),. *Référentiel pédologique*. Edition INRA, Paris, 329 p.

Ali Tatar, B., Touati, L., Hamel, T., Mechentel, E., Badouna, B., Benslama, M., (2023) Phytoécologie, dynamique et reconstitution pollinique de deux mares tourbeuses (Aoural et Ain Salhat) de la petite Kabylie orientale: cas du bassin versant d'Oued Zhor (Nord-Est algérien). *Fl. Medit.* 33: 193-213. <https://doi.org/10.7320/FIMedit33.193>.

Allem M., Hamel T., Tahraoui C., Boulemtafes A. & Bouslama Z. 2017. Diversité floristique des mares temporaires de la région d'Annaba (Nord-Est Algérien). *Int. J. Environm. Studies*, 75 (3) : 405-424.

Anderson, S. 2002. Identifying important plant areas. London: Plantlife International.

Aronson, J., Le Floch, E., Gondard, H., Romane, F., Shater, Z. 2002. Gestion environnementale en région méditerranéenne: références et indicateurs liés à la biodiversité végétale. *Revue d'Écologie*, 225-240.

Aubert, G., (1978). Méthodes d'analyses des sols. Centre national de documentation pédologique, Marseille. 191 p.

Aug. C. 2010. Modélisation 3D et caractérisation des incertitudes par la méthode du champ de potentiel. Thèse de Doctorat, Ecole nationale supérieure de Mine Paris, 204p.

Baize, D., (1988). *Guide des analyses courantes en pédologie*. Edition INRA, Paris, 172 p.

Barbero, M., & Quézel, P. (1989). Contribution à l'étude phytosociologique des matorrals de Méditerranée orientale. *Lazaroa*, (11), 37-60.

Baron, S., Lavoie, M., Ploquin, A., Carignan, J., Pulido, M. de Beaulieu, J.-L. 2005. Record of Metal Workshops in Peat Deposits: History and Environmental Impact on the Mont Lozère Massif, France. – *Envi. Sci & Tech.* 39(14): 5131-5140. *Lazaroa*, (11), 37-60.

Barral P., Magny M. & Thivet M. (2016). De la reconstitution des paysages à l'histoire des sociétés. 10 000 ans d'archives sédimentaires en zones humides. In *Folio*, Gollion, 288 p.

Bastin, Y., Allegrini, C., 2011. Vocabulaire forestier : écologie, gestion et conservation des espaces boisés. Agro-Paris-Tech.

- Battandier J.A. et Trabut L. 1895. Flore de l'Algérie et catalogue des plantes du Maroc: Monocotylédones. A. Jourdan, Alger : 256 p.
- Battandier J.A. et Trabut L.C. 1884. Flore d'Alger et catalogue des plantes d'Algérie. Adolphe Jourdan éd., Alger, 211 p.
- Battandier, J.A. 1888-1890. Flore de l'Algérie, ancienne flore d'Alger transformée, contenant la description de toutes les plantes signalées jusqu'à ce jour comme spontanées en Algérie et catalogue des plantes du Maroc : Dicotylédones. Alger, Typographie Adolphe Jourdan, Imprimeur–Libraire–éditeur & Paris, Librairie F. Savy. 825 + XXIX p.
- Belhadj, A., Demnati Allache, F., Boulghobra, N., Mebrek, N. 2022. Botanical Diversity of Arid Steppe in South East of Algeria (Biskra): Journal of Ecological Engineering 2023, 24(1), 120–134. <https://doi.org/10.12911/22998993/156010>
- Belouahem-Abed D., Belouahem F., Benslama M., de Bélair G. et Muller S.D. 2011. Les aulnaies de Numidie (N.E. algérien): biodiversité floristique, vulnérabilité et conservation. *Comptes Rendus Biologies*, 334, 61-73.
- Benabadji, N., Benmansour, D., Bouazza, M. (2007). La flore des monts d'Ain Fezza dans l'ouest algérien, biodiversité et dynamique. Sciences & Technologie. C, Biotechnologies, 47-59.
- Bennadja, S., de Bélair, Tlili Ait Kaki, Y. (2013). La subéraie de la Numidie orientale: une source de biodiversité. *Quad. Bot. Amb. Appl*, 24, 49-53.
- Benhassine-Gherzouli, C. 2013. Anthropisation et dynamique des zones humides dans le nord-est algérien : Apport des études palynologiques pour une gestion conservatoire. –Thèse de Doctorat en Géographie et aménagement, université de Toulouse, France.
- Benhouhou, S., Yahy, N. Véla, E. 2018. Key Biodiversity Areas (KBAs) for plants in the Mediterranean region. Chapter 3, IUCN, (pp. 53-60).
- Benslama, M., Andrieu-Ponel, V., Guiter, F., Reille, M., De Beaulieu, J. L., Migliore, J., Djamaï, M. 2010. Nouvelles contributions à l'histoire Tardiglaciaire et Holocène de la végétation en Algérie : analyses polliniques de deux profils sédimentaires du complexe humide d'El Kala. – C. R. Biol. 333: 744-754. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2010.08.002>.
- Ben Tiba, B. 1982. Relations pluie pollinique-végétation en Kroumirie (Tunisie Septentrionale). *Ecol. Medit.* 7(4): 62-73.

- Beslin O., Pujol D., Causse G., Cordier J., Bressaud H. et Monticolo J., 2012. Typologie des végétations de dalles et de pelouses calcaires sèches en région Centre. DREAL Centre, CBNBP Centre / MNHN, 113p.
- Beug, H. J. 2004. Leitfaden der Pollenbestimmung: für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. –München.
- Biggs J. et al (1994). Temporary and permanent ponds: An assessment of the effects of drying out on the conservation value of aquatic macroinvertebrate communities. 125-133
- Birks, H., Berglund, B., 2018. One hundred years of Quaternary pollen analysis 1916–2016. *Vegetation History and Archaeobotany*, Volume 27, pages 271–309, (2018)
- Blanca, G., Cabezudo, B., Cueto, M., Lopez, C. F. & Torres, C. M. 2009: Flora Vasculaire de Andalucía Oriental, 1-4. – Seville.
- Blondel, J., Aronson, J., Bodiou, J.Y. & Boeuf, G. (2010). *The Mediterranean region: biological diversity in space and time*. Oxford University Press.
- Bolboaca, S.D., Jäntschi, L. 2006. Pearson versus Spearman, Kendall's tau correlation analysis on structure-activity relationships of biologic active compounds. *Leonardo Journal of Sciences*, 5(9), 179-200.
- Bonnet, V., Vidal, E., Médail, F., & Taton, T. 1999. Analyse diachronique des changements floristiques sur un archipel méditerranéen périurbain (îles du Frioul, Marseille). *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, 54 : 3-18.
- Bonnet, B., Aulong, S., Goyet, S., Lutz, M., Mathevet, R. 2005: *Gestion intégrée des zones humides méditerranéennes : Conservation des zones humides*. – Arles.
- Bornand, M. & Menier, D., 1989. Approche pédologique en milieu prairial en Margeride, *Agronomie* (1989) 9, 13-26.
- Bouldjedri M., de Bélair G., Mayache B. & Muller S.D. 2011. Menaces et conservation des zones humides d'Afrique du Nord: le cas du site Ramsar de Beni-Belaid (NE Algérien). *C.R. Biologies*, 334: 757-772.

Bouldjedri, M., 2013. Contribution à l'Etude Ecologique d'un Hydro-système de la région de Jijel : cas de la zone humide de Beni-Belaid (Algérie). Thèse de doctorat. Université. Badji Mokhtar, Annaba (Algérie), 116 p.

Bounouara, Z. 2018: Origine et évolution de la matière organique dans les sols des zones subhumides (Cas de la région de Skikda - Algérie). – Thèse de doctorat en Ecopédologie, Université de Batna1, Batna (Algérie).

Bouroche, J. M., Saporta, G. 1980. L'analyse des données. Paris: Presses universitaires de France.

Bowman, D. M.J.S., Prior, L., Foyste, S.M., Williamson, G.J., Hua, Q., Ondei, T. 2024. Edaphic factors control fire-prone sedgeland and Eucalyptus forest mosaics in southwestern Tasmania. *CATENA*. Volume 242, July 2024, 108114. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108114>

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). *The Nature and Properties of Soils* (14th ed.). Pearson Education.

Brady, N. C., & Weil, R. R. 2016. *The Nature and Properties of Soils* (15th ed.). Pearson Education.

Brugiapaglia, E., de Beaulieu, J.-L., Guiot, J. Reille, M. 1998: Transect de pluie pollinique et étagement de la végétation dans le massif du Taillefer (Isère, France). – *Géo. Phy. Quat.* 52(2):209-218.

Braun Blanquet, J., 1932: *Plant sociology, the study of plant community*. McGraw Hill Book. New York. (Translation by H.S. Conard, G. D; Fuller).

Braun-Blanquet, J., Roussine, N., Nègre, R. 1952. Les groupements végétaux de la France méditerranéenne. Dir. Carte Group. Vég. Afr. Nord, CNRS, 292 p.

Brun, C., Dessaint, F., Richard, H. Bretagnolle, F. 2007: Arable-weed flora and its pollen representation: a case study from the eastern part of France. – *Rev. Palaeobot. Palynol.* 146: 29-50. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2007.02.001>

Bui, T.M., Girard M. (2010). Pollen et Archéologie : une alliance passionnante. *Anthropobotanica*, 1.8 : 3-23.

Chaieb, M. 2003. Caractéristiques floristiques des Iles Kneïss. Projet de préservation de la biodiversité dans la Réserve naturelle des Iles Kneïss. Projet de micro financement TUN/98.

Chapin, F. S., Matson, P. A., & Vitousek, P. M. 2011. Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology (2nd ed.). Springer. N° 2, New-York.

Carrión, Y., Kaal, J., López-Sáez, J.A., LópezMerino, L. Martínez Cortizas, A. 2010: Holocene vegetation changes in NW Iberia revealed by anthracological and palynological records from a colluvial soil. – *The Holocene* 20(1): 53-66.  
<https://doi.org/10.1177/0959683609348849>

Chok, Y.H. 2008. Modélisation des effets de la variabilité des sols et de la végétation sur la stabilité des pentes naturelles (thèse de doctorat, Université d'Adélaïde, École de génie civil, environnemental et minier).

Chouit, Z. 2015: Evaluation des ressources en eau superficielle dans le bassin versant de l'oued Zhor. Etude de faisabilité d'un barrage. – Thèse de Magister. Université Badji Mokhtar, Annaba (Algérie).

Cornet, F. Wales, A. 2020. Reconstitution des paléo-incendies du Mont Lozère (Cévennes, France) du Tardiglaciaire à nos jours. – *Orpalm Synthesis* 13(1): 9-24

Daget P. & Gaston A. ; 2001- La base FLOTROP et biodiversité des pâturages du Tchad oriental. *Systematics and Geography of Plants*, 71(2): 327-33.

Daget, P. (1980). Un élément actuel de la caractérisation du monde méditerranéen : le climat. Com. 1er Coll. Emberger. Montpellier. *Nat. Monspp., HS* : 101-126.

Daget, P. Gaston A. ; 2001- La base FLOTROP et biodiversité des pâturages du Tchad oriental. *Systematics and Geography of Plants*, 71(2): 327-33.

Daoud-Bouattour A., Bottollier-curtet M., Ferchichi-ben Jamaa H., Ghrabi-Gammar, Z., Ben S., Rhazi, L. et Muller, S.D., Zouaïdia H., de Bélair G., Grillas P. et Ben saad-Limam, S. 2009. Recent discovery of the small pillwort (*Pilularia minuta* Durieu, Marsileaceae) in Tunisia: hope for an endangered emblematic species of Mediterranean temporary pools? *C.R. Biologies*, 332: 886-897.

Dean, W.E. 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44: 242-248.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- de Beaulieu, J.-L. Pons, A. 1979. Recherches pollen-analytiques sur l'histoire de l'action humaine dans la région du Parc National des Cévennes. – Ann. Parc Nat. Cévennes 1: 101-128.
- de Belair G. 1990. Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre écosystèmes lacustres et marécageux (El Kala, Est Algérien). Thèse de doctorat : Université de Montpellier II.
- de Bélair G. 2005. Dynamique de la végétation de mares temporaires en Afrique du Nord. *Ecologia Mediterranea*, 31, 1-18.
- de Bélair, G., Samraoui, B., 2000. L'écosystème des zones humides de Béni-Bélaid: Un projet de réserve naturelle. – Sci. Tech. 14: 115-124.
- Deil, U. 2005. A review on habitats, plant traits and vegetation and ecology of ephemeral wetlands. – *Phytocoenologia* 35: 533-705. <https://doi.org/10.1127/0340-269X/2005/0035-0533>.
- Delcour F. 1981. Introduction to soil science, Fac, Sc, Agron. Gembloux, 78.
- Demelon, A., 1966 : Principe d'agronomie : dynamique du sol. Edition Dunod 512 p.
- Ding.S., Xin.X., Yang.W., Zhang.X., Zhu.A., Huang.S., Yang.J., Ren.G.2024. Distribution and Mineralization of Organic Nitrogen in Fluvo-Aquic Soils with Varying Textures. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. Volume 24, pages 6433–6445, (2024).
- Djemai Z., Belouahem D., Hamel T. et Benslama M. 2017. Pollen approach and evolution of the floristic biodiversity of the humid and salty zone of Fetzara Lake. *International Journal of Biosciences*, 11 : 1-14.
- Dobignard, A., Chatelain, C. 2010-2013: Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord, 1-5. Genève.
- Duchaufour P., 1977 : Pédologie et classification. Masson & Cie Editeurs. Paris. T. 1, 477p. ; T. 2, 495 p.
- Duchaufour, P. 1983. Pedology. 1: Pedogenesis and soil classification [French classification].
- Duchaufour P. et Toutain F., (1985) : Apport de la pédologie à l'étude des écosystèmes. Bull. Ecol. T. 17 (1) pp. 1-9.

- Dunker, S., Motivans, E., Rakosy, D., Boho, D., Mäder, P., Hornick, T., Knight, T. 2020. Pollen analysis using multispectral imaging flow cytometry and deep learning. Volume 229, Issue 1 Special Issue: Featured papers on 'Flooding stress resilience' January 2021 Pages 593-606 <https://doi.org/10.1111/nph.16882>
- Duplessy, J.C. Ramstein G. 2013. Paléoclimatologie : enquête sur les climats anciens, 1. – Paris.
- Emerson, W.W., 1995. Water-retention, organic-C and soil texture. *Australian Journal of Soil Research* 33(2) 241 - 251. <https://doi.org/10.1071/SR9950241>.
- Engelhardt W., (1998). « Guide de la vie dans les étangs, les ruisseaux et les mares ». Vigot. France. Espaces boisés, AgroParisTech, pp. 168.
- Erdtman, G. 1943. An Introduction to Pollen Analysis. *Chronica Botanica*, Waltham (Mass), 231 pp.
- Fægri, K., Iversen, J. (1989). Manuels d'analyse de pollen. Chichester-New York : Wiley & Sons. 4<sup>ème</sup> Edit. 328p.
- FAO. 2015. World reference base for soil resources 2014: International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fetnaci, I., Beddiar, A., Hamel, T., 2019: Le lac Fetzara (Nord-Est algérien) Biodiversité floristique et menaces potentielles. – *Fl. Med.* 29: 227-245.  
<http://dx.doi.org/10.7320/FIMedit29.227>
- Faurel, L., 1959, Plantes rares et menacées d'Algérie. *Comptes Rendus de la réunion technique de l'UICN*, 5, 140-155.
- Ferchichi-Ben Jamaa H., S.D. Muller, A. Daoud-Bouattour, Z. Ghrabi- Gammar, L. Rhazi, I. Soulié -Marsche, M. Ouali, S. Ben Saad-Limam, 2010. Structures de végétation et conservation des zones humides temporaires méditerranéennes : la région des Mogods (Tunisie septentrionale), *C. R. Biol.* 333 (2010) 265–279.
- Foumier, A., Floret, C., Gnahoua, G, 2001. Végétation des jachères et succession post-culturelle en Afrique tropicale. *Lajachère en Afrique tropicale* - Ch. Floret, R. Pontanier John Libbey Eurotext, Paris © 2001, pp. 123-168.

Franks, J., 2005: Pollen Analysis: a technique for investigating early agrarian history. Environmental Science, Agricultural and Food Sciences. Corpus ID: 201647263.

Freschet, G. T., Pagès, L., Iversen, C. M., et al. (2021). A starting guide to root ecology: strengthening ecological concepts and standardising root classification, sampling, processing and trait measurements. *New Phytologist*, 232(3), 973–1122.

Froyd, C.A. & Willis, K.J. 2008. Emerging issues in biodiversity and conservation management: the need for a palaeoecological perspective. – *Quaternary Sci. Rev.* 27: 1723-1732. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.06.006>.

Gaston, K.J. 1991. How large is a species geographic range? – *Oikos* 61(3): 434-438.

<http://dx.doi.org/10.2307/3545251>

Gee, G. W., Bauder, J. W. (1986). *Particle-size analysis*. In *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods* (pp. 383–411). American Society of Agronomy.

Ghit, K., Muller, S.D., de Bélair G., Belouahem-Abed D., Daoud-Bouattour A. Benslama M. 2018: Palaeoecological significance and conservation of peat-forming wetlands of Algeria. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)* 73(4): 414-430.

Gillet, F., 2000. La phytosociologie synusiale intégrée. Guide méthodologique. Univ. De Neuchâtel. 68 p.

GlèlèKakaï, R., Salako, V. K., Padonou, E.A., Lykke, A.M., 2016. Méthodes statistiques multivariées utilisées en écologie. *Annales des Sciences Agronomiques 20 - spécial Projet Undesert-UE* : 139-157.

Godwin., H. 1944. An Introduction to Pollen Analysis. *Nature* volume 154, page 67.

Goudie, A.S., 2006. Global warming and fluvial geomorphology: *Geomorphology*

Volume 79, Issues 3–4, 30 September 2006, Pages 384-394.

<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.06.023>.

Goudie, A. S., 2018. *Human Impact on the Natural Environment: Past, Present and Future* (8e éd.). Wiley-Blackwell.

Greco J., 1996. L'érosion la défonce et la restauration des sols, le reboisement en Algérie. 26 rue Jacob, 75006 Paris, 19P.

Griffin, J.S., Haug, L. A., Rivera, V.A., Hernandez Gonzalez, L.M., Kelly, J.J., Miller, W.M., Wells, G.F., Packman, A.I. 2020. Soil hydrology drives ecological niche differentiation in a native prairie microbiome. *FEMS Microbiology Ecology*, Volume 96, Issue 1, February 2020, fiz163, <https://doi.org/10.1093/femsec/fiz163>.

Grillas P. Roché 1997- La végétation des mares temporaires, conservation des zones humides méditerranéennes. N°8. Tour du Valat. Arles. 90 p.

Grillas P., Gauthier P., Yavercovski N. & Perennou C. ; 2004 - Les mares temporaires Méditerranéennes. Volume 1 : Enjeux de conservation, fonctionnement et gestion. Projet Life, Station Biologique, Tour du Valat, Arles, 120 p.

Grillas P., Gauthier P., Yavercovski N., Perennou C., Mediterranean temporary pools, Tour du Valat, Arles, 2004 (2 vols). [10] N. Myers, R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. Da Fonseca, J. Kent, Biodiversity hotspots for conservation priorities, *Nature* 403 (2000) 853–858.

Grybos M, Davranche M, Gruau, G, Petitjean, P, Pédrot M 2009: Increasing pH drives organic matter solubilization from wetland soils under reducing conditions. *Geoderma* Volume 154, Issues 1–2, 15 December 2009, Pages 13-19.

Hamada, S., Dakki, M., Ibn Tattou, M., Ouyahya, A., Fennane, M. (2004). Analyse de la biodiversité floristique des zones humides du Maroc. Flore rare, menacée et halophile. *Acta Botanica Malacitana*, 29 : 43-66.

Hammana, C., Pereña-Ortiz, JF, Meddad-Hamza, A., Hamel, T. et Salvo-Tierra, Á. E. (2024). Les zones humides du nord-est algérien (Guelma et Souk Ahras) : enjeux pour la conservation de la biodiversité régionale. *Terrain*, 13 (2), 210.

Hamel, T. 2013. Contribution à l'étude de l'endémisme chez les végétaux vasculaires dans la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien). Thèse de Doctorat en Biologie végétale, université Badji Mokhtar, Annaba, (Algérie). 338p.

Hamel, T., Triana, H., Meddad-Hamza, A., Boulemtafes, A., Souilah, N., De Belair, G., Salvo-Tierra, Á. 2022. Analysis of taxonomic distinctness and priority conservation areas as a basis for heritage enhancement of floristic diversity: the case of the 'hotspot' of the islands of Numidia (North-Eastern Algeria). *Mediterranean Botany*.

<https://doi.org/10.5209/mbot.81125>.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Hamel, T., de Belair, G., Saci, A., Slimani, A., Boulemtafes, A., Boutabia, L., Telailia, S. 2023. Aperçu sur la connaissance actuelle de la flore vasculaire de la région de Filfila (Nord-est algérien). *Lejeunia, Revue de Botanique*. Nouvelle série N° 208 Mai 2023.

Hamel, T., Saci, A. 2024. *Ludwigia grandiflora* (Michx.) Greuter & Burdet, a new addition to the allochthonous flora of Algeria and first report in Mediterranean Africa. *Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 2024. ISSN: 0037-9603.

Hamimeche, M., Véla, E., Gillet, F., Moulai, R. 2024: Biogeography and ecology of the Algerian island flora. *Plant Ecology and Evolution* <https://plecevo.eu/issue/4796/>.

Haydu-Houdeshell, C.A., Robert C. Graham, R.C., Hendrix, P. F., Peterson, C. Soil aggregate stability under chaparral species in southern California. *Geoderma*. Volume 310, 15 January 2018, Pages 201-208.

Hengeveld, R., 1990 . *Dynamic biogeography*. Cambridge: Cambridge University Press. 250p.

Hoffmann, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C. G., Lamoreux, J. & da Fonseca, G. A. B. (eds) 2004: *Hotspots revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered*.

Hooghiemstra, H., Richards, K. (2022). Frans Florschütz as founding father of pollen analysis in the Netherlands, and expansion of palynology into the tropics. *Grana*

<https://doi.org/10.1016/j.clay.2021.106336>.

Huang, C., Meng, C., Tan, W., Wen, S., Li, D., Wang, B., Koopal, L., 2021. Regional differences in mineral weathering characteristics of zonal soils under intensive agriculture: *Applied Clay Science* Volume 215, 1 December 2021, 106336

Hulshof, C., Spasojevic, M. 2020. The edaphic control of plant diversity. *Global Ecology and Biogeography*. Volume 29, numéro 10 Octobre 2020. Pages 1634-1650 <https://doi.org/10.1111/geb.13151>.

Jabiol, B., Brêthes, A., Brun, J. J., Gégout, J. C., & Ponge, J. F. (2007). *L'humus et les forestiers : reconnaissance et interprétation des formes d'humus forestiers*. Éditions Quae.

Jackobson, G. L. Bradshaw, R. H. W. 1981. The selection of sites for paleovegetational studies. –*Quatern. Res.* 16: 80-96.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Janssen, C. R. 1979. The development of palynology in relation to vegetation science, especially in the Netherlands. – Pp. 229-246 in: Werger M. J. A. (ed.), *The study of vegetation.* – The Hague.
- Jowsey, P.C. 1966. An Improved Peat Sampler. *New Phytologist*, 65 : 245-248.
- Jenny, H. 1941. *Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology.* McGraw-Hill. Calcium in the soil: III. Pedologic relations. Soil Science Society of America, 1941, Vol. 6, 27-35. Univ. California, Berkeley.
- J.O.R.A., 2012, Décret exécutif du 18 janvier 2012, complétant la liste des espèces végétales non cultivées et protégées. (Eds) Journal officiel de la république algérienne, n° 3-12/12 du 18-01-2012. 12-38.
- Kahit, F. Z., Zaoui, L., Danu, M. A., Romanescu., G. Benslama, M. 2017: A new vegetation history documented by pollen analysis and C14 dating in the alder of Ain Khiair – El Kala wet complex, Algeria. – *Int. J. Bot.* 11(6): 192-199.
- Kalbitz, K., Solinger, S., Park, J. H., Michalzik, B., & Matzner, E. (2000). *Controls on the dynamics of dissolved organic matter in soils: A review.* *Soil Science*, 165(4), 277–304.
- Kechairi, R., Benaouf, Z., Ould Safi. M., Megharbi, A. 2024: Ecosystems with the endemic argan tree *Sideroxylon spinosum* L.: their flora and fauna (Algerian Sahara). *Biodiversity: Research and Conservation*. Vol. 75 (2024) <https://doi.org/10.14746/biorc.2024.75.4>.
- Terrestrial Ecoregions. – Monterrey. Volume 61, 2022 - Issue 4.
- Kim, H., Park, K., Young Jo, H., Kwon, M.J. 2023 : Weathering extents and anthropogenic influences shape the soil bacterial community along a subsurface zonation: *Science of The Total Environment* Volume 876, 10 June 2023, 162570 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162570>.
- Krzeminska. D. , Kerkhof .T., Skaalsveen. K. Stolte.J. 2019. Effect of riparian vegetation on stream bank stability in small agricultural catchments. *CATENA*. Volume 172 ,janvier 2019, pages 87-96. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.08.014>.
- Lakehal Ayat, S., Samai., I, Aounallah., O, Benslama., M. 2023. Study of Soil-Vegetation Relations in the Edough Peninsula (North East of Algeria). *Ecological Engineering & Environmental Technology* 2023, 24(4), 50–61. <https://doi.org/10.12912/27197050/161998>.

Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623–1627.

Laribi, M., Véla, E., Acherar, M., Mathez, J. Hamchi, A. 2016: Sur la découverte de *Potentilla supina* L. en Algérie: écologie, taxinomie, biogéographie et statut de conservation. – *Revue d'Écologie (Terre et Vie)* 71(3): 266-277.

Lavelle, P., & Spain, A. V. (2001). (2003). Organismes du sol. Dans : *Écologie du sol*. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/0-306-48162-6\\_3](https://doi.org/10.1007/0-306-48162-6_3).

Lavelle, P., Bignell, D., Lepage, M., Wolters, V., Roger, P., Ineson, P., Heal, O. W., Dhillion, S. (2001). Soil function in a changing world: The role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology*. 1997, Vol. 33, No. 4, 159-193 ref. 7 pp.

Lavorel, S., & Garnier, E. (2002). Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*, 16(5), 545–556. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2002.00664.x>

Legendre, P., Legendre, L., 1998. *Numerical Ecology: Developments in Environmental Modelling*, deuxième édition anglaise, Amsterdam, Elsevier Science B.V., vol. 20, 853 p.

Legendre, P., Legendre, L., 2012. *Numerical Ecology*, troisième édition anglaise, Amsterdam, Elsevier Science B.V., vol. 24, 1006 p.

Lembrouk, L., & Sadoudi, A. A. D. (2022). Flora diversity according to an altitudinal gradient in Kabylia region. *Bulletin of Pure and Applied Sciences, Section B – Botany*, 41B (1), 53–65. DOI:10.5958/2320-3196.2022.00005.2.

Lembrouk, L., Guerrmah, D., Lakabi, L., & Medjdoub-Bensaad, F. (2022). Soil-Vegetation Relations in Some Stations of the Kabylia Region (North Algeria). *Bulletin of Pure & Applied Sciences – Section B: Botany (Plant Sciences)*, 41(B2), 139–147.

Lézine A., 2008. Le pollen, outil d'étude de l'environnement et du climat au quaternaire. Société géologique de France, Paris, 118 p.

Londe, V., Gomes, P. W. P., Martins, F.R. 2023. The role of edaphic differentiation on life zones, vegetation types,  $\beta$ -diversity, and indicator species in tropical dry forests. *Plant and Soil*. Volume 493, pages 573–588, ( 2023 ).

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Mahdjoub, Y., 1991. Cinématique des déformations et évolution P-T anté-alpines en Petite Kabylie (Algérie Nord Orientale). Thèse Doctorat d'Etat, USTHB, Alger, 190 p
- Mahjoub, Y., Merle, O., 1990. Cinématique des déformations tertiaires dans le massif de Petite Kabylie (Algérie Orientale). Bulletin de la société géologique de France, 8 (4), 629 -63
- Maire, R. 1952-1987. Flore de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara). 16 vols, Lechevalier, Paris.4.
- Manneville, O., Vergne, V. Villepoux, O. 2006. Le monde des tourbières et des marais. 2ème éd. Delachaux et Niestlé. 530p.
- Marre, A. 1992: Le Tell oriental algérien de Collo à la frontière tunisienne, étude géomorphologique.– Alger.
- Mashiane, M., Ramoelo, A., Adelabu, S. 2023. Diversifying modelling techniques to disentangle the complex patterns of species richness and diversity in the protected afro-montane grasslands. *Biodiversity and Conservation*. Volume 32 , pages 1423–1436, ( 2023 ).
- Mathevet, R. (2000). — *Usages des zones humides camarguaises: enjeux et dynamique des interactions Environnement/ Usagers/Territoire*. Thèse de doctorat, Université Lyon-3, France.
- Mebarki, A., 2005. Hydrologie des bassins de l'Est algérien: ressources en eau, aménagement et environnement. Thèse de Doctorat d'état, Géographie et aménagement du territoire, option : *Hydrologie*. Univ. Constantine, 360 p.
- Médail F., Michaud H., Paradis G., Molina J. et Loisel R. 1998. Biodiversité et conservation des mares temporaires dulçaquicoles et oligotrophes de France méditerranéenne. *Ecol. Medit.*, 24 (2): 119-134.
- Médail F., Myers N. 2004. *Mediterranean Basin*. In : Mittermeier R.A., Robles Gil P., Hoffmann M., Pilgrim J., Brooks T., Mittermeier C.G., Lamoreux J. & da Fonseca G.A.B. (eds.). Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. CEMEX (Monterrey), Conservation International (Washington) & Agrupación Sierra Madre (Mexico). 144-147.
- Medail F., Quezel P., 1999. Biodiversity hotspots in the Mediterranean basin: setting global conservation priorities, *Conserv. Biol.* 13 (1999) 1510– 1513.

Médail, F., Quézel, P. 1997. Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. – *Ann. Missouri Bot. Gard.* 84: 112-127.

Meddour, M., , Sahar, O., Jury, S. 2023. New analysis of the endemic vascular plants of Algeria, their diversity, distribution pattern and conservation status. *Willdenowia Annals of the Botanic Garden and Botanical Museum Berlin* 53(1-2) : 25-43.

Meddour, M., Sahar, O., Fried. G.2020: A preliminary checklist of the alien flora of Algeria (North Africa): taxonomy, traits and invasiveness potential. *Botany Letters* .Volume 167, 2020 - Issue 4. <https://doi.org/10.1080/23818107.2020.1802775>.

Meddour, M., Sahar, O., Médail, F. 2021. Checklist of the native tree flora of Algeria:

Meddour, M., Sahar, O.2021. Floristic inventory of Djurdjura National Park, northern Algeria: a first checklist of its vascular flora. *Phytotaxa*. Vol. 490 No. 3: 16 March 2021.

Megharbi A., Abdoun F. et Belgherbi B. 2016. Diversité floristique en relation avec les gradients abiotiques dans la zone humide de la Macta (Ouest d'Algérie). *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, 71(2) : 142-155.

Miller, T., Blackwood, C.B., Case, A.L. 2024. Assessing the utility of SoilGrids250 for biogeographic inference of plant populations. *Ecology and Evolution*. <https://doi.org/10.1002/ece3.10986>

Mitsch, W.J., Gosselink J.G. (2007) *Wetlands*. 4th Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.

Mouissi, S., Alayat, H. 2016. Use of the Principal Component Analysis (PCA) for Physico-Chemical Characterization of an Aquatic Ecosystem Waters: Case of Oubeira Lake (Extreme Northeastern Algeria). *J. Mater. Environ. Sci.* 7 (6) (2016) 2214-2220 ISSN : 2028-2508

Müller, S., 2005. Pléistocène et Holocène, des glaciations à aujourd'hui. La Garance vo Muller, S. D., Nakagawa, T., de Beaulieu, J.-L., Court-Picon, M., Fauquette, S. Genries, A. 2006. Paléostructures de végétation à la limite supérieure des forêts, dans les Alpes françaises internes. – *C. R. Biol.* 329: 502-511. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2006.05.002>yageuse, 71 : 63-69.

Myers, N. 2003. Biodiversity hotspots revisited. *BioScience*, 53, 916-917.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ng, C., Zhou. C., Chiu. C.2020. Constitutive modelling of state-dependent behaviour of unsaturated soils: an overview. *Acta Geotech.* 15, 2705–2725 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11440-020-01014-7>.
- Odgaardb, V. 1999. Fossil pollen as a record of past biodiversity. – *J. Biogeogr.* 26(1): 7-17.
- Ozenda, P. 1954. Observation sur la végétation d'une région semi-aride: Les haut plateaux du sud-algérois. *Bulletin de la Société et de l'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, 45(3-4) : 189-223.
- Olivier, L., Muracciole, M., REDURON, J.P., 1995. Premiers bilans sur la flore des îles de la Méditerranée. État des connaissances et conservation. *Ecologia Mediterranea*. XXI. pp 355-72.
- Pace, M., Reche, I., Fernández-Barbero, A., Mazuecos, I., Prairie, Y., 2012: pH change induces shifts in the size and light absorption of dissolved organic matter. Volumes 108, pages 109-118, (2012).
- Pearce, F., Crivelli, A.J. 1994. Caractéristiques générales des zones humides méditerranéennes. Ed. MedWet 83 p.
- Pignatti, S. 1982. *Flora d'Italia*, 1-3. – Bologna.
- Pomel, A. 1875. Nouveaux matériaux pour la flore atlantique. Fasc. 2. *Bulletin de la Société*
- Prentice, C., 1988. Records of vegetation in time and space: the principles of pollen analysis. *Vegetation history. Handbook of vegetation science (HAVS, volume 7)*.
- Quézel, P. 1991. Structures de végétation et flore en Afrique du Nord: leurs incidences sur les problèmes de conservation. *Actes éditions*, 19-32.
- Quézel, P. 1995. La flore du bassin méditerranéen : origine, mise en place, endémisme. *Ecologia Mediterranea Année 1995* 21-1-2 pp. 19-39
- Quézel, P. 2002. *Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen*. – Paris. 182p.
- Quézel, P. & Santa, S. 1962-1963. *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionale*, 1-2. – Paris.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Quézel, P. & Zevaco, C. 1964. Découverte en Corse de *Pilularia minuta* Dur. *Bulletin du Socle Botanique de France*, 111(5-6), 274-275.
- Rabbin. S., Wilson .B.W., Lockwood. P .V., Daniel.H.,Young.I.Y. 2014. Soil organic carbon mineralization rates in aggregates under contrasting land uses. *Geoderma* Volume 216, March 2014, Pages 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.10.023>.
- Ramsar Convention Secretariat (2010). *Wetlands: water, life, and culture*. Ramsar Handbooks for the Wise Use of Wetlands.
- Ran. Y., Wu. S., Zhu. K., Li. W., Liu. Z., Huang. P.2020. Les types de sols ont différencié leurs réponses de stabilité des agrégats aux stress hydrologiques dans les zones riveraines du réservoir des Trois Gorges. *Journal des sols et des sédiments*. Volume 20, pages 951–962.
- Raunkier, C. 1934. *The life forms of plants and statistical plant*. – Geography. – Oxford.
- Rawls, W. J., Pachepsky, Y. A., Ritchie, J. C., Sobecki, T. M., et Bloodworth, H. 2003. *Effect of soil organic carbon on soil water retention*. *Geoderma*, 116(1–2), 61–76.
- Redford, E.A., Catullo, G. et Montmollin, B.D. 2011. Important plant areas of the south and east Mediterranean region: priority sites for conservation. IUCN Gland (Suiza) WWF, Gland (Suiza).
- Reille M., 1990. *Leçons de palynologie et d'analyse pollinique*. Ed. C.N.R.S. Paris. 206p.
- Reille, M. 1992-1998. *Pollen set spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. – Marseille.
- Rengasamy, P. 2006. World salinization with emphasis on Australia. *Journal of Experimental Botany*, Volume 57, Issue 5, March 2006, Pages 1017–1023, <https://doi.org/10.1093/jxb/erj108>.
- Rhazi M., Grillas P., Charpentier A. et Médail F. 2001. Experimental management of Mediterranean temporary pools for conservation of the rare quillwort *Isoetes setacea*. *Biol. Conserv.* 118: 675-684.
- Richardson, J., Vepraskas, M. J.2001. *Wetland soils genesis, hydrology, landscapes, and classification*. Boca Raton, Florida, United States CRC Press c200.

Roubault, M., 1934. La Kabylie de Collo. Etude géologique. Thèse D'état, Paris. Bulletin du service de la carte géologique de l'Algérie, 2, No 10, 272 p.

Sakhraoui, N., Verloove, F., Smith, G.F. 2023. *Aloe maculata* All. (Asphodelaceae subfam. Alooideae): a new addition to the alien flora of Algeria and North Africa. "Bradleya 2023(41), 225-229. <https://doi.org/10.25223/brad.n41.2023.a16>.

Samai, I., 2017. Etude des relations sol-végétation de la chênaie d'Ouled Bechih (Souk-Ahras) « dynamique de la matière organique », Thèse de Doctorat de l'université de Annaba.

Samraoui B., de Belair G., Benyacoub S., 1992. A much threatened lake: Lac des Oiseaux i Secretariat, R. (2016). An introduction to the convention on wetlands (previously the Ramsar convention manual). In Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland. n North-eastern Algeria, Environ. Conserv. 19 (1992) 264– 267.

Samraoui, B., de Belair, G. 1997. Les zones humides de Guerbes-Senhadja (NE Algérie) Partie I : un aperçu. *Écologie*, 28 (3), 233.

Seppä. H., 2007. Pollen Analysis, Principles. Encyclopedia of Quaternary Science, Pages 2486-2497.

Seppä. H., Bennett. K., 2003: Quaternary pollen analysis: recent progress in palaeoecology and palaeoclimatology. Progress in Physical Geography: Earth and Environment. Volume 27, Issue 4 <https://doi.org/10.1191/0309133303pp39>.

Sheng, Y., Li, G., Dong, H., Liu, Y., Ma, L., Yang, M., Liu, Y., Liu, J., Deng, S., Zhang, D. 2020. Distinct assembly processes shape bacterial communities along unsaturated, groundwater fluctuated, and saturated zones: Science of The Total Environment Volume 761, 20 March 2021, 143303.

Six, J., Conant, R. T., Paul, E. A., Paustian, K. (2002). *Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils*. Plant and Soil, 241(2), 155–176.

Stambouli-Essassi, S., Roche, E. Bouzid, S. 2007: Evolution de la végétation et du climat dans le Nord-Ouest de la Tunisie au cours des 40 derniers millénaires. – *Géo-Eco-Trop*. 31: 171-214.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Sun-Jae You a, Yujun Yin b, Herbert E Allen b., 1999. Partitioning of organic matter in soils: effects of pH and water/soil ratio. *Science of the Total Environment*, Volume 227, Issues 2–3, 9 March 1999, Pages 155-160.

Tabet, S., Benderradji, M. E. (2008). Le changement climatique en Algérie orientale et ses conséquences sur la végétation forestière.

Ter Braak C.J.F.; 1995 - Ordination: Data analysis in community and landscape ecology. in: Jongman R.H.G., Ter Braak C.J.G. & Van Tongeren O.F.R. (eds). *Ordination: Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge University Press, 291 p.

Tison, J. M. de Foucault, B. 2014. *Flora gallica: flore de France. – Mèze*. UICN. 2023: Liste rouge de l'UICN des espèces menacées. Version 2023-1. <http://www.iucnredlist.org> [accessed 6/4/2023]

Trainer, J., (1991) : *Projet pilote de développement forestier du massif de Collo/Algérie - Instruction d'aménagement du massif de Collo*. Deutsche forest service (D.F.S.) GmbH, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (DGTZ) GmbH, Feldkirchen, Collo. 75 p.

U.S.D.A. 2014 .*Keys to Soil Taxonomy*, United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Twelelfth Edition, 2014, 372p.

Véla E. et Benhouhou S. 2007. Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *C.R. Biologies*, 330 : 589–605.

Vidal, E. 1998. *Organisation des phytocénoses en milieu insulaire méditerranéen perturbé : Analyse des interrelations entre les colonies du Goéland leucopnée et la végétation des îles de Marseille*. Thèse de Doctorat, Université de Droit et d'Économie et des Sciences d'Aix-Marseille III.

Vila J.M. (1980) : *La chaîne alpine d'Algérie orientale*.

Walker, L. R., del Moral, R. (2003). *Primary Succession and Ecosystem Rehabilitation*. Cambridge University Press.

Walter, K.S. Gillett, H.J. 1998. 1997 IUCN red list of threatened plants. [World Conservation Monitoring Centre], 1-862.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Watts. D., Cohen. M., Heffernan. J., Osborne. T.Z. 2010. Hydrologic Modification and the Loss of Self-organized Patterning in the Ridge–Slough Mosaic of the Everglades. *Ecosystems*. Volume 13 , pages 813–827, ( 2010 ).
- 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*, 42 : 2753-2765.
- Williams, D. D. 2006. *The biology of temporary waters*. – Oxford.
- Yang, Y., Li, E., Zhou, R., Xia, Y., Yang, C., Zhang, Y. 2022. The Effects of Edaphic Factors on Riparian Plants in the Middle and Lower Reaches of the Hanjiang River, China. *Plants*. 2022, 11, 531. <https://doi.org/10.3390/plants1104053>.
- You, S.J., Yin, Y., Allen, H. 1999. Partitioning of organic matter in soils: effects of pH and water/soil ratio. *Science of The Total Environment*. Volume 227, Issues 2–3, 9 March 1999, Pages 155-160. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(99\)00024-8](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(99)00024-8).
- Youbi, M. Benslama, M. 2015: A 1000-year record from El-Ghorra mountain (NE Algeria): Mediterranean vegetation dynamic in response to climatic variation. – *Ecol. Environ. Conserv.* 21: 1189-1198.

# **ANNEXES**

## Annexe 1 : Végétation et Pollen

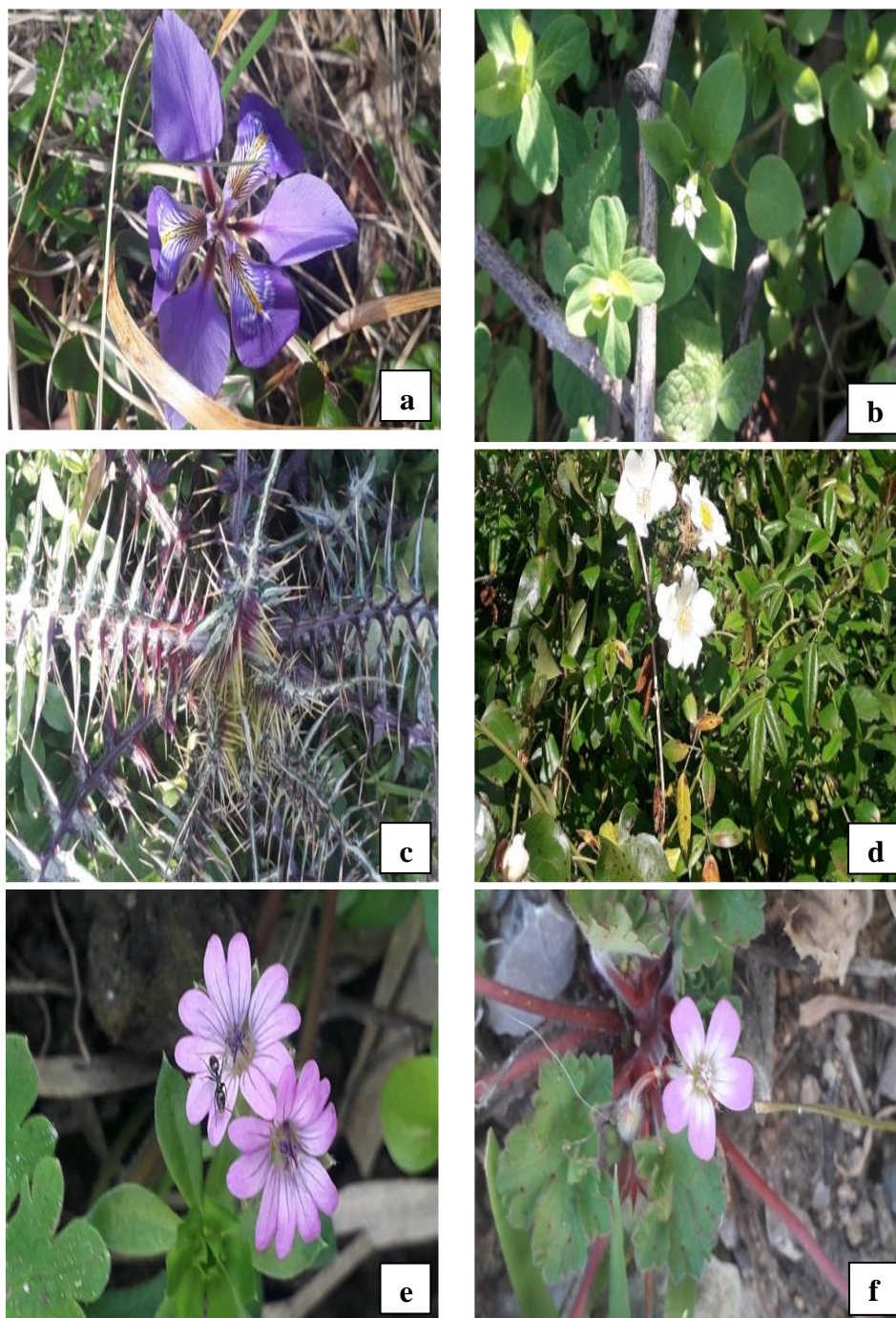


Figure 26 : **a.** *Iris unguicularis* Poir. ; **b.** *Stellaria media* (L.) Vill. ; **c.** *Galactites mutabilis* Durieu ; **e.** *Sherardia arvensis* L. ; **f.** *Geranium molle* subsp. *molle* L.

+

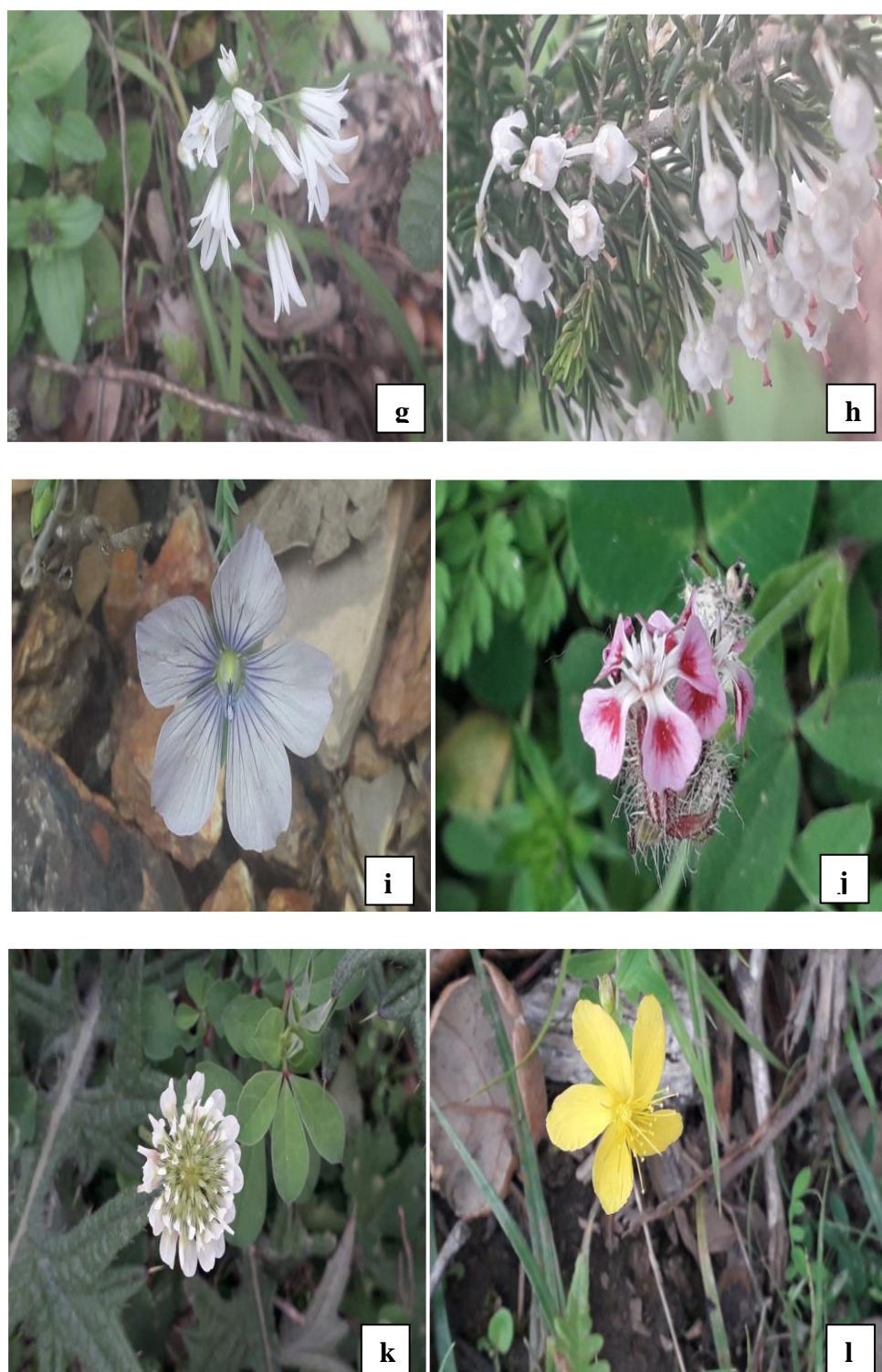


Figure 27 : **g.** *Allium triquetrum* L.; **h.** *Erica arborea* L.; **i.** *Linum bienne* Mill.; **j.** *Silene gallica* L. ;**k.** *Trifolium arvense* L. ;**l.** *Hypericum montanum* L.



Figure 28 : **m.** *Hypericum androsaemum* L.; **n.** *Hyoseris radiata* L.; **o.** *Athyrium filix-femina* (L.) Roth.; **p.** *Polypodium cambricum* subsp. *cambricum* L.; **q.** *Geranium robertianum* subsp. *purpureum* Vi.; **r.** *Eryngium maritimum* L.

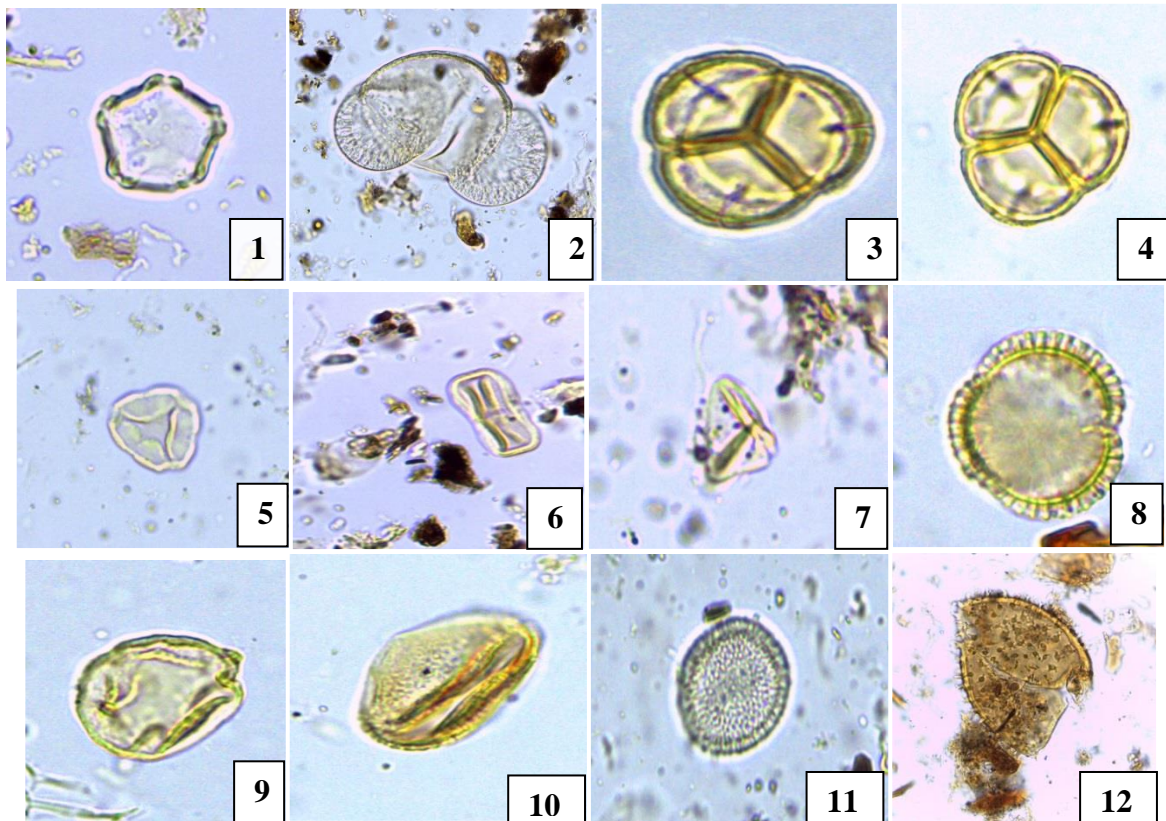


Figure 29 : Quelques photos de grain de pollen (cliché ALI TATAR. B 2020). **1** Alnus  
**2** Pinus; **3,4** Erica-type ; **5** Eucalyptus ; **6** Apiaceae ; **7** Myrtus ; **8, 9,10** Quercus ; **11**Olea  
europea ; **12** Osmenda regalis

## Annexe 2 : Géolocalisation

Tableau 14 : Géolocalisation des stations d'échantillonnages

Station	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Anchid	36° 56. 385'	006° 17. 259'	393
Ouled Djabalah	36° 56. 125'	006° 16. 706'	370
Sandjak	36° 59. 483'	006° 18. 954'	740
Khneg el mayou	36° 59. 724'	006° 18. 149'	660
mare Aoural	36° 55. 306'	006° 16. 354'	7
mare Ain Salhat	36° 57. 928'	006° 18. 049'	610

B. Ali Tatar, L. Touati, T. Hamel, E. Mechentel, B. Badouna & M. Benslama

## Phytoécologie, dynamique et reconstitution pollinique de deux mares tourbeuses (Aoural et Ain Salhat) de la petite Kabylie orientale: cas du bassin versant d'Oued Zhor (Nord-Est algérien)

### Abstract

Ali Tatar, B., Touati, L., Hamel, T., Mechentel, E., Badouna, B. & Benslama, M.: Phytoécologie, dynamique et reconstitution pollinique de deux mares tourbeuses (Aoural et Ain Salhat) de la petite Kabylie orientale: cas du bassin versant d'Oued Zhor (Nord-Est algérien). — Fl. Medit. 33: 193-213. 2023. — ISSN: 1120-4052 printed, 2240-4538 online.

Phytoecology, dynamics and pollen reconstitution of two raised bogs (Aoural and Ain Salhat) of little eastern Kabylia: case of the Oued Zhor watershed (North-East Algeria). — Two raised bogs, Aoural and Ain Salhat, located in the region of the little Kabylia (North East of Algeria), were reviewed in both floristic inventories and pollen analyses during six years (2016-2022). The floristic study has revealed the existence of 174 taxa, 119 for the Aoural pond and 109 for the Ain Salhat one. Analysis of surface sediments pollen from the two ponds allowed us to identify 52 pollen taxa. In Ain Salhat pond, tree taxa dominate this assemblage, reaching a rate of 47.4%, followed by herbaceous ones with 24.5%, shrubby taxa with 24.4% and finally undetermined taxa with 3.7%, this is due to the position of the pond which is situated in a wooded forest environment. On the other hand, in Aoural's pond, herbaceous taxa dominate spectra with 37%, followed by trees ones which account for 36%, shrubs (23.4%) and finally undetermined taxa with at around 3.6%.

The contribution of pollen analysis to the knowledge of the current flora of the two studied ponds is of 58%. In total, 186 species have been identified using these two methods, of which 12 species have only been observed in the pollen spectrum. Floristic study and pollen analysis are therefore two complementary methods of study.

*Key words:* Eastern Kabylia (North-eastern Algeria), peaty ponds, surface pollen, indicator taxa.

### Introduction

Les mares temporaires du pourtour méditerranéen, qui abritent un patrimoine naturel remarquable, représentent un élément majeur des "points chauds" de biodiversité de la région (Médail & Quézel 1997; Médail & al. 2004). En raison de leur caractère éphémère et de leur petite taille, ces milieux fragiles et vulnérables régressent rapidement sous l'influence des activités humaines (drainage, aménagement agricole, pâturage, pollution) (Rhazi & al. 2001; Grillas & al. 2004; Allem & al. 2017). C'est à leur niveau qu'a été rapporté le plus grand nombre de raréfactions voire de disparitions (Faurel 1959; Quézel & Zevaco 1964). Une des limites à l'implémentation de mesures conservatoires sur le long terme est le manque de connaissance sur les dynamiques passées et sur les capacités de

résilience de ces milieux (Froyd & Willis 2008; Daoud-Bouattour & al. 2011). Toutefois, les études paléocéologiques, généralement mises en œuvre pour révéler les phénomènes climatiques ou anthropiques impliqués dans l'évolution de la végétation, permettent également d'évaluer la paléo-richesse végétale qui peut être considérée comme une première approximation de la paléo-biodiversité (Odgaard 1999).

Le Nord-Est algérien recèle en son sein un important et vaste éco-complexe de zones humides. Il fait partie d'un point chaud de biodiversité, récemment reconnu au sein de l'ensemble méditerranéen (Véla & Benhouhou 2007). La petite Kabylie « K<sub>2</sub> » au sens de la subdivision biogéographique proposée par Quézel & Santa (1962) est riche en mares temporaires répondant aux critères Ramsar (Grillas & al. 2004). Sa flore hygrophile a fait l'objet de très peu de travaux et synthèses récents (de Bélair & Samraoui 2000; Bouldjedri & al. 2011; Benhassine-Gherzouli 2013) qui ont mis en évidence leur intérêt et leur originalité, tant biogéographique qu'écologique. En revanche, aucune étude ne révèle l'histoire paléobotanique dans cette région (cf. Benslama & al. 2010).

Les premiers résultats obtenus dans ce travail ont permis d'actualiser l'inventaire floristique du bassin versant d'Oued Zhor (Nord-Est algérien) dans deux mares tourbeuses (Aoural et Ain Salhat) et de reconstituer les dépôts polliniques représentatifs de la végétation actuelle dans ces deux mares.

## Matériel et Méthodes

### Région d'étude

Le bassin versant d'Oued Zhor est situé à l'Est de l'Algérie, dans la partie occidentale de la région de Skikda entre les latitudes 36°53' et 36°60'N et les longitudes 6°18' et 6°26'E (Fig. 1). Il est limité au Nord par la mer méditerranéenne, au Sud par les wilayas de Mila, Constantine et Guelma, par la wilaya d'Annaba à l'Est et par la wilaya de Jijel à l'Ouest (Bounouara 2018). La mare Oued Zhor est localisée dans une petite plaine sublittorale à proximité de l'Oued Zhor, d'une superficie variable (50–200 m<sup>2</sup>), peu profonde (50 cm) et de basse altitude (2–3 m). La végétation est de type aulnaie-ormaie-saussaie à *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Ulmus minor* Mill. et *Salix pedicellata* Desf. (Bouldjedri & al. 2011). Tandis, la mare Ain Salhat est localisée à 610 m d'altitude dans la forêt de Laouinet dans le canton d'Ouled Atia, elle est d'une surface restreinte (20–40 m<sup>2</sup>), d'à peine 5 m de diamètre. La végétation de cette mare est de type aulnaie-chênaie à *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Quercus suber* L. et *Q. canariensis* Willd (Bensettiti & Lacoste 1999).

La pluviométrie annuelle de la région est de l'ordre de 1002 mm par an à Collo, 1038 mm à Cap Bougaroun (incluant: la mare Aoural) et 1773 mm à Bessombourg (incluant: la mare Ain Salhat) (Seltzer & al. 1946). Les bioclimats sont essentiellement humides à perhumides, chauds et tempérés, et la période sèche n'excède pas 3-4 mois (Chaumont & Paquin 1971). Sur le plan géomorphologique, le bassin versant d'Oued Zhor est délimité par des chaînes montagneuses essentiellement formées de terrains métamorphiques, recouvertes de lambeaux argilo-gréseux d'âge oligo-miocène et traversées par des roches éruptives d'âge miocène (Marre 1992). Le relief est marqué par des montagnes accidentées d'où le point culminant est le Djebel El Goufi (1181 m), entrecoupées par une plaine côtière d'Oued Zhor qui se caractérise par des dépôts alluviaux d'argiles, de limons et de sables du Quaternaire (Chouit 2015).

## Méthodologie

### *Etude floristique*

L'inventaire botanique des deux mares étudiées a été réalisé durant six années consécutives (2016-2022). L'ensemble de la zone d'étude a été parcouru autant que possible, avec une prospection de chaque habitat durant trois périodes par an (février-mars, avril-mai et juin-juillet), de chaque année de la période d'étude. Des quadrats appliqués sur des transects varient en fonction de la surface de chacune des deux mares étudiées. Les espèces,

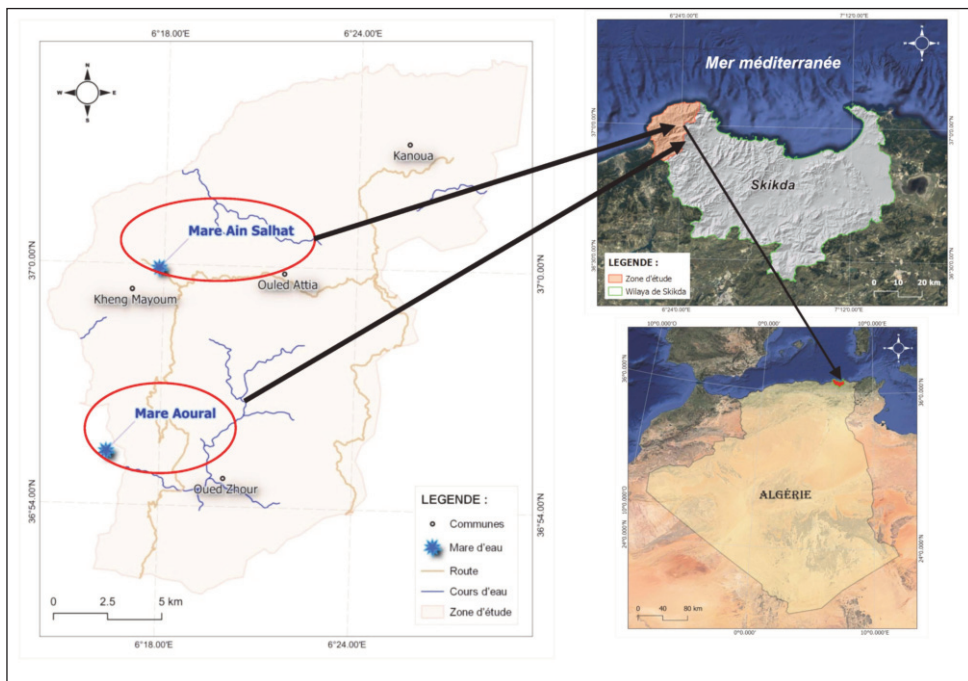


Fig.1. Localisation de la zone d'étude.

qu'elles soient en fleurs, en fruits ou en graines, sont photographiées et des échantillons sont récoltés de manière provisoire pour identification.

L'identification s'est faite en plusieurs étapes: tout d'abord en se référant à la flore d'Algérie de Quézel & Santa (1963-1963), complétée par la flore d'Afrique du Nord de René Maire (1952-1987) pour les espèces qui sont parues; ensuite la plupart des identifications ont été vérifiées, complétées et actualisées en consultant la flore d'Italie (Pignatti 1982) et celle d'Andalousie orientale (Blanca & al. 2009).

La nomenclature est ajustée selon l'index synonymique de Dobignard & Chatelain (2010-2013) et sa version actualisée en ligne (APD 2023). Les espèces recensées ont

été renseignées par leur type biogéographique (Pignatti 1982; Blanca & al. 2009; Dobignard & Chatelain 2010-2013) et leur type biologique (Raunkier 1934; Pignatti 1982; Blanca & al. 2009; Tison & de Foucault 2014). La rareté des taxons est référée selon la flore de Quézel & Santa (1962-1963) et nos observations sur le terrain.

### ***Analyse pollinique***

L'étude pollinique a permis de prélever quatre échantillons de sédiment de surface le long d'un transect diagonal traversant d'Est en Ouest la mare d'Aoural. La distance séparant chaque échantillon est de 50 mètres. Tandis, un seul échantillon a été prélevé en milieu de la mare d'Ain Salhat en raison de sa petite surface. Le choix des mares d'échantillonnage a été effectué sur la base des caractéristiques stationnelles et régionales, particulièrement le degré de saturation de l'eau.

L'extraction pollinique a été réalisée sur des volumes de 1cm<sup>3</sup> pour tous les échantillons selon la méthode de Faegri & Iversen (1989). Elle est basée sur une série de traitements avec : NaOH (20%), HF (70%), HCl (10%), CH<sub>3</sub>COOH, acétolyse et enfin conservation du matériel pollinique dans la glycérine. Les comptages ont été effectués sous microscope optique OPTIKA (X 400) et l'identification a été réalisée par l'utilisation d'une clé d'identification de la collection de l'atlas de référence des pollens et spores (Reille 1992-1998; Beug 2004). Les données de l'analyse pollinique ont été présentées sous forme d'un diagramme pollinique qui a été construit à l'aide du logiciel C2 version 1.7.7.

## **Résultats**

### ***Diversité floristique***

Un total de 174 espèces de plantes vasculaires appartenant à 143 genres et 73 familles ont été identifiées dans les deux mares étudiées, à savoir 119 pour la mare Aoural et 109 pour la mare Ain Salhat (Tab. 1). La famille des *Fabaceae* était la plus importante en termes de nombre d'espèces et a constitué 8,04% des plantes identifiées (14 espèces), suivie par les *Poaceae* avec 6,9% (12 espèces), les *Asteraceae* avec 6,3% (11 espèces) et les *Lamiaceae* avec 4,6 % soit 8 espèces. Ces quatre familles représentent à elles seules plus d'un quart de la flore étudiée. S'ajoutant à ces dernières, les *Cyperaceae* (7 espèces, soit 4%), les *Apiaceae* et les *Rubiaceae* (6 espèces, soit 3,5% pour chacun), les *Ranunculaceae*, les *Rosaceae* et les *Plantaginaceae* (5 espèces, soit 2,9% pour chacun) étaient moyennement représentées. Le reste des familles étaient le plus souvent monospécifique ou bien bispécifique.

### ***Diversité biologique***

Les thérophytes ont été nettement le type biologique le plus abondant, représenté par 57 espèces, ce qui constitue 32,75% de l'ensemble des taxons répertoriés, viennent ensuite les hémicryptophytes (47 taxons), les phanérophytes (34 taxons), les géophytes (21 taxons), les chamaephytes (9 taxons), les hydrophytes (5 taxons) et enfin les héliophytes (1 taxon).

Ce cortège est selon les systèmes, mêlé d'espèces transgressives de différents milieux plus ou moins ouverts et hydrophiles :

Tableau 1. Liste de la flore actuelle et pollinique de deux mares étudiées (mare Aoural et Ain Salhat) [Taxonomie selon APD (2023), protection nationale selon JORA (2012) /évaluation selon l'UICN (2023)].

Taxon	Famille	Type biogéo	Type biol	Mare Aoural	Mare Ain Salhat	Trace pollinique		Rareté en Algérie	JORA 2012	UICN 2023
						Mare Aoural	Mare Ain Salhat			
<i>Acacia karroo</i> Hayne	Fabaceae	Intr	Ph	X						
<i>Acanthilus mollis</i> L.	Acanthaceae	Méd	Hém		X					
<i>Achyranthes scutella</i> (L.) All.	Amaranthaceae	Trop	Ch	X						
<i>Alisma lanceolatum</i> With.	Alismataceae	Paléotemp	Hém	X	X					
<i>Allium triquetrum</i> L.	Alliaceae	Méd-atl	Géo	X	X					
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	Betulaceae	Eury-méd	Ph	X	X	<i>A. cf. glutinosa</i>	<i>A. cf. glutinosa</i>	RR		
<i>Alternanthera sessilis</i> (L.) R.Br. ex DC.	Amaranthaceae	Trop	Hyd	X	X					
<i>Anni visnaga</i> (L.) Lam	Apiaceae	Méd	Th	X						
<i>Ampelodesmos mauritanicus</i> (Poir.) T. Durand & Schinz	Poaceae	Eury-méd	Hém	X	X					
<i>Anisantha rubens</i> (L.) Nevski	Poaceae	Méd	Th	X						
<i>Anogramma leptophyllum</i> (L.) Link	Psittacaceae	Subcosm	Th	X	X					
<i>Arbutus unedo</i> L.	Ericaceae	Méd-Atl	Ph	X	X	<i>A. cf. unedo</i>	<i>A. cf. unedo</i>			
<i>Arisarum vulgare</i> subsp. <i>hastatum</i> (Pomel) Dobignard	Araceae	Eury-méd	Géo	X	X					
<i>Aristolochia paucinervis</i> Pomel	Aristolochiaceae	Subend Tyrrhénien	Géo	X				R		
<i>Arium italicum</i> Mill.	Araceae	Méd	Géo	X	X					
<i>Arundo donax</i> L.	Poaceae	Subcosm	Géo	X	X					
<i>Asperula laevigata</i> L.	Rubiaceae	Eury-méd	Hém	X	X					
<i>Asphodelus ramosus</i> L. subsp. <i>ramosus</i>	Xanthorrhoeaceae	Méd	Géo	X	X	<i>A. cf. ramosus</i>	<i>A. cf. ramosus</i>			
<i>Asplenium onopteris</i> L.	Aspleniaceae	Eury-méd	Hém	X	X	<i>Asplenium</i> sp.				
<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth	Woodsiaceae	Holar	Hém	X	X					
<i>Bellis annua</i> L. subsp. <i>annua</i>	Asteraceae	Méd	Th	X	X					
<i>Bellis prostrata</i> Pomel	Asteraceae	End Alg-Tun Mar	Th	X	X			RR	P	NT
<i>Bidens aurea</i> (Aiton) Sherff	Asteraceae	Intr	Th	X						
<i>Blackstonia perfoliata</i> subsp. <i>grandiflora</i> (Viv.) Maire	Gentianaceae	Méd	Th		X					
<i>Bolboschoenus glaucus</i> (Lam.) S.G. Smith	Cyperaceae	Eurosibérien	Géo	X	X					
<i>Borago officinalis</i> L.	Boraginaceae	Méd	Th	X	X					
<i>Brassica procumbens</i> (Poir.) O.E. Schulz	Brassicaceae	End Alg-Tun	Hém	X	X	<i>Brassica</i> sp.	<i>Brassica</i> sp.			
<i>Briza maxima</i> L.	Poaceae	Méd	Th	X	X					

Tableau 1. continue.

<i>Calicotome villosa</i> (Poir.) Link	Fabaceae	Méd	Ph	X	X				
<i>Callitriche obtusangula</i> Le Gall	Callitricaceae	Méd- atl	Hyd	X	X	<i>C. obtusangula</i>	<i>C. obtusangula</i>	<i>C. obtusangula</i>	
<i>Campanula dichotoma</i> L.	Campanulaceae	Méd	Th	X	X	Campanulaceae	Campanulaceae	Campanulaceae	
<i>Cardamine hirsuta</i> L.	Brassicaceae	Subcosm	Th	X					
<i>Carex distachya</i> Desf.	Cyperaceae	Euras	Hém	X					
<i>Carex distans</i> L.	Cyperaceae	Paléotemp	Hém	X					
<i>Carex remota</i> L.	Cyperaceae	Euras	Hém	X					
<i>Castanea sativa</i> Mill.	Fagaceae	Circum-méd	Ph	X	X	<i>C. sativa</i>	<i>C. sativa</i>	<i>C. sativa</i>	RR
<i>Catapodium rigidum</i> (L.) C.E.Hubb.	Poaceae	Méd- atl	Th	X					
<i>Celtis australis</i> L.	Ulmaceae	Circum-méd	Ph	X	X			<i>C. australis</i>	
<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill	Caryophyllaceae	Cosm	Th	X					
<i>Chenopodium album</i> L.	Amaranthaceae	Subcosm	Th	X			<i>Chenopodium</i> sp.	<i>Chenopodium</i> sp.	
<i>Circaea lutetiana</i> L.	Onagraceae	Circum-boréal	Géo	X					
<i>Cistus monspeliensis</i> L.	Cistaceae	Méd	Ph	X	X	<i>Cistus</i> -type	<i>Cistus</i> -type	<i>Cistus</i> -type	
<i>Cistus salvifolius</i> L.	Cistaceae	Méd	Ph	X	X				
<i>Clematis flammula</i> L.	Ranunculaceae	Circum-méd	Ph	X					
<i>Clinopodium vulgare</i> subsp. <i>arundanum</i> (Boiss.) Nyman	Lamiaceae	Holar	Hém		X				P
<i>Cyclamen africanum</i> Boiss. & Reut.	Primulaceae	End Alg-Tun-Mar	Géo		X				
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae	Cosm	Géo	X	X				
<i>Cynoglossum clandestinum</i> Desf.	Boraginaceae	Méd	Th	X					
<i>Cyperus rotundus</i> L. subsp. <i>rotundus</i>	Cyperaceae	Trop	Géo	X			Cyperaceae	Cyperaceae	
<i>Cytisus villosus</i> Pourr.	Fabaceae	Méd	Ph		X				
<i>Daphne gnidium</i> L.	Thymelaeaceae	Méd	Ph		X			<i>D. gnidium</i>	
<i>Daucus carota</i> subsp. <i>maximus</i> (Desf.) Ball	Apiaceae	Paléotemp	Hém	X					
<i>Daucus virginicus</i> (Poir.) Maire	Apiaceae	End Alg-Tun	Hém	X	X				R
<i>Drimys nummifera</i> (Jord. & Fourr.) J.C. Manning & Goldblatt	Asparagaceae	End Alg-Tun-Esp	Géo	X	X				
<i>Echinops spinosus</i> L.	Asteraceae	Méd	Hém	X					
<i>Erica arborea</i> L.	Ericaceae	Méd	Ph	X	X	<i>Erica</i> -type	<i>Erica</i> -type	<i>Erica</i> -type	
<i>Erigeron canadensis</i> L.	Asteraceae	Innr	Th	X	X				
<i>Eryngium pusillum</i> L.	Apiaceae	Méd	Hém	X					R



Tableau 1. continue.

<i>Lamarckia aurea</i> (L.) Moench	Poaceae	Méd	Th	X					
<i>Laminum flexuosum</i> Ten.	Lamiaceae	Méd	Hém		X	Lamiaceae	Lamiaceae		
<i>Laurus nobilis</i> L.	Lauraceae	Méd	Ph						
<i>Lavandula stoechas</i> L.	Lamiaceae	Méd	Ch	X					
<i>Lemma minor</i> L.	Lemnaceae	Méd	Hyd	X					
<i>Leontodon tuberosus</i> L.	Asteraceae	Méd	Hém		X				
<i>Linaria pinifolia</i> (Poir.) Thell.	Plantaginaceae	End Alg-Tun	Ch	X					R
<i>Linaria reflexa</i> (L.) Chaz.	Plantaginaceae	Méd	Th		X				
<i>Linum bienne</i> Mill.	Linaceae	Méd-Atl	Th		X				
<i>Lobularia maritima</i> (L.) Desv.	Brassicaceae	Circum-méd	Ch	X					
<i>Lotus corniculatus</i> subsp. <i>presitii</i> (Ten.) P. Foum.	Fabaceae	Méd	Hém	X	X				
<i>Lysimachia arvensis</i> (L.) B. Bock	Primulaceae	Subcosm	Th	X	X				
<i>Lythrum junceum</i> Banks & Sol.	Lythraceae	Méd	Géo	X					
<i>Malva sylvestris</i> L.	Malvaceae	Paleotemp	Hém	X			Mabvaceae		
<i>Medicago arabica</i> (L.) Huds.	Fabaceae	Eury-méd	Th	X					
<i>Medicago murex</i> Willd.	Fabaceae	Méd	Th	X					
<i>Mentha aquatica</i> L.	Lamiaceae	Subcosm	Hém	X					
<i>Mentha pulegium</i> L. subsp. <i>pulegium</i>	Lamiaceae	Eury-méd	Hém	X	X				
<i>Mentha suaveolens</i> Ehrh subsp. <i>suaveolens</i>	Lamiaceae	Eury-méd	Hém	X	X		Mentha-type	Mentha-type	
<i>Myosotis ramosissima</i> Roebel subsp. <i>ramosissima</i>	Boraginaceae	Euras	Th	X					
<i>Myriophyllum alternifolium</i> DC.	Haloragaceae	Méd-atl	Hyd	X					R
<i>Myrtus communis</i> L.	Myrtaceae	Méd	Ph	X	X	M.cf. communis	M.cf. communis		
<i>Nerium oleander</i> L.	Apocynaceae	Méd	Ph		X			N. cf. oleander	
<i>Oenanthe virgata</i> Poir.	Apiaceae	End Alg-Tun-Mar	Hém	X					
<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	Cactaceae	Cult	Ph		X				
<i>Osmunda regalis</i> L.	Osmundaceae	Subcosm	Hém		X		O. regalis		
<i>Oxalis corniculata</i> L.	Oxalidaceae	Cosm	Géo		X				
<i>Oxalis pes-caprae</i> L.	Oxalidaceae	Intr	Géo	X	X				
<i>Phalaris paradoxa</i> L.	Poaceae	Méd	Th	X					
<i>Phillyrea latifolia</i> L.	Oleaceae	Méd	Ph	X	X	P. cf. latifolia	P. cf. latifolia		



Tableau 1. continue.

<i>Scalyms hispanicus</i> L.	Asteraceae	Méd	Hém	X			
<i>Sedum cepaea</i> L.	Crassulaceae	Eury-méd	Th		X		
<i>Selaginella denticulata</i> (L.) Spring	Selaginellaceae	Méd	Ch		X		
<i>Sierardia arvensis</i> L.	Rubiaceae	Eury-méd	Th	X			
<i>Silene gallica</i> L.	Caryophyllaceae	Subcosm	Th	X	X	<i>Silene</i> sp.	
<i>Silene laeta</i> (Aiton) Godr.	Caryophyllaceae	Circum-méd	Géo	X			
<i>Smilax aspera</i> L.	Smilacaceae	Circum-méd	Ph		X		
<i>Smyrniotum olusatrum</i> L.	Apiaceae	Méd- atl	Hém		X		
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Asteraceae	Cosm	Th	X	X		
<i>Sporangium erectum</i> L. subsp. <i>Erectum</i>	Typhaceae	Euras	Géo	X			R
<i>Stachys marubifolia</i> Viv.	Lamiaceae	Suband Tyrrhénien	Th	X			
<i>Stachys ocymastrum</i> (L.) Briq.	Lamiaceae	Méd	Th	X			
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Caryophyllaceae	Subcosm	Th		X		
<i>Tetragonolobus biflorus</i> (Desr.) DC.	Fabaceae	Méd	Th	X			
<i>Tolpis barbata</i> (L.) Gaertn.	Fabaceae	Méd	Th	X			
<i>Trifolium arvense</i> L.	Fabaceae	Paléotemp	Th	X			
<i>Trifolium campestre</i> Schreb.	Fabaceae	Paléotemp	Th	X	X		
<i>Trifolium pratense</i> L.	Fabaceae	Paléotemp	Hém	X			
<i>Typha domingensis</i> Pers.	Typhaceae	Subcosm	Hém	X			
<i>Ulmus minor</i> Mill.	Ulmaceae	Eury-méd	Ph	X		<i>U. cf. minor</i>	
<i>Umbilicus rupestris</i> (Salisb.) Dandy	Crassulaceae	Méd- atl	Géo	X	X		
<i>Verbascum sinuatum</i> L.	Scrophulariaceae	Circum-méd	Hém		X		
<i>Veronica cymbalaria</i> Bodard	Plantaginaceae	Circum-méd	Th		X		
<i>viburnum tinus</i> L.	Caprifoliaceae	Méd	Ph		X		
<i>Vicia altissima</i> Desf.	Fabaceae	Méd	Hém	X	X		
<i>Viola riviniana</i> Rchb.	Violaceae	Eury-méd	Hém		X		R
Taxons polliniques non enregistrés dans la flore actuelle							
Mare Aoural	Apiaceae, Artemisia, Asteraceae, Cucurbitaceae, Ephedra-type, Hyacinthaceae, Olea, Pinus sp., Populus sp., Retama sp., Tamarix cf. gallica L.						
Mare Ain Salhat	Apiaceae, Asteraceae, Crataegus-type, Eucalyptus sp., Hyacinthaceae, Olea, Pinus sp., Solanaceae.						

BioGéo: Biogéographique, Bio: Biologique, End: endémique, Alg: Algérie, Tun: Tunisie, Mar: Maroc, Iti: Italie, Esp: Espagne, Intr: introduit, Méd: méditerranéen, Atl: atlantique, Trop: tropical, Paléotemp: paléotempéré, Cosm: cosmopolite, Holar: holarctique, Euras: eurasién, Cult: cultivé, Th: thérophyte, Hém: hémicryptophyte, Ch: chaméphyte, Géo: géophyte, Hé: héliophyte, Hyd: hydrophyte, X: présence, AR: assez rare, R: rare, RR: très rare, NT: Quasi menacée, P: protégé.

- des espèces forestières, comme *Quercus canariensis* Willd., *Quercus suber* L., *Ulmus minor* Mill., *Acanthus mollis* L., *Viburnum tinus* L., *Hypericum androsaemum* L., *Polystichum setiferum* (Forssk.) T. Moore ex Woy. et *Viola riviniana* Rehb.

- des espèces hydrophytiques, comme *Lemna minor* L., *Myriophyllum alternifolium* DC. et *Callitriche obtusangula* Le Gall., ce dernier taxon présente un important recouvrement dans la mare Aoural.

- des espèces hygrophytiques, comme *Alisma lanceolatum* With., *Lythrum junceum* Banks & Sol., *Mentha suaveolens* Ehrh subsp. *suaveolens*, *Schoenus nigricans* L., *Sparganium erectum* L. subsp. *erectum*, *Mentha pulegium* L. et *Bolboschoenus glaucus* (Lam.) S.G. Smith

- des espèces de pelouses, qui comprennent à la fois les espèces amphibies de mare temporaire (*Cyperus rotundus* L. subsp. *rotundus*, *Silene laeta* (Aiton) Godr., *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Typha domingensis* Pers. et *Iris pseudacorus* L.) et les espèces de pelouses thérophytiques (*Ranunculus muricatus* L., *Isoetes histrix* Durieu ex Bory, *Juncus bufonius* L., *Plantago lanceolata* L., *Polygonum aviculare* L., *Silene gallica* L. et *Geranium dissectum* L.).

### **Diversité biogéographique**

Les espèces recensées appartiennent à plusieurs ensembles chorologiques :

- Ensemble méditerranéen : cet ensemble domine avec 105 espèces, soit 60,3 % de la flore répertoriée, dont 67 pour l'élément de liaison méditerranéen (*sensu stricto*), 23 pour l'élément de liaison eury-méditerranéen et 15 pour l'élément de liaison méditerranéen atlantique. Dans cet ensemble, les familles les plus riches sont celles qui sont les mieux représentées dans la flore étudiée. La famille des *Fabaceae* compte 9 espèces, celles des *Poaceae* (7 espèces), des *Asteraceae* et des *Lamiaceae* avec 6 espèces pour chacune. D'autres familles possèdent 4 voire 1 espèce.

- Ensemble à large répartition : cet ensemble regroupe 25 espèces, soit 14,4% de la flore étudiée. Il est représenté par 22 espèces cosmopolites (incluant les subcosmopolites) réparties en 16 familles et trois espèces d'origine tropicale (*Achyranthes sicula* (L.) All., *Alternanthera sessilis* (L.) R.Br. ex DC. et *Cyperus rotundus* L. subsp. *rotundus*).

- Ensemble nordique : ces espèces représentent 14,4 % de la flore étudiée (25 espèces). L'élément paléotempéré est représenté par 11 espèces, suivi par l'élément eurasiatique avec 9 espèces, l'élément boréal et l'élément holarctique par 2 espèces pour chacun, l'élément eurosibérien n'est représenté que par une seule espèce.

- Ensemble d'espèces introduites : cet ensemble est représenté par 5 espèces dont une espèce cultivée (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.).

- Ensemble endémique : 15 espèces représentent cet ensemble soit 8,6 % de la flore inventoriée. Dix familles présentent des taxons endémiques dont la famille des *Asteraceae* est la plus diversifiée avec 3 espèces.

### **Taxons patrimoniaux**

La flore rare de la région d'étude compte vingt espèces (*sensu* Quézel & Santa 1962-1963), parmi lesquelles, 2 se retrouvent sur la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) avec différents statuts : Quasi menacée pour *Bellis prostrata* Pomel et *Juncus heterophyllus* L. M. Dufour (Tab. 1).

En ce qui concerne les catégories d'endémisme, les deux mares échantillonnées recèlent 15 endémiques ou subendémiques. Ce sont surtout des endémiques algéro-tunisiens (6 taxons) ou algéro-tuniso-marocains (4 taxons). Les espèces rares n'ont pas toujours la même valeur patrimoniale. Certaines d'entre elles sont à la fois endémiques et rares, comme (*Aristolochia paucinervis* Pomel, *Daucus virgatus* (Poir.) Maire, *Linaria pinifolia* (Poir.) Thell. et *Stachys marrubiiifolia* Viv.). Cette relation entre la rareté et l'endémisme est remarquable dans la flore étudiée. Environ de la moitié des taxons endémiques au sens large, sont rares. Sept taxons endémiques largement distribués sur le territoire national sont notés dans notre liste (ex. *Drimia numidica* (Jord. & Fourr.) J.C. Manning & Goldblatt, *Genista ferox* (Poir.) Dum. Cour. subsp. *ferox* et *Plagius maghrebicus* Vogt & Greuter).

En outre, deux espèces sont protégées selon la législation algérienne (Décret exécutif n°12/03 du 4 janvier 2012 fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées qui en comporte 449): *Bellis prostrata* Pomel et *Cyclamen africanum* Boiss. & Reut.

### **Typologie et diversité pollinique**

Les données polliniques prélevées sur les cinq profils de surface dans la région d'Oued Zhor, nous ont permis de dégager trois principales communautés (Fig. 2) :

-La communauté des arbres méso-hygrophiles est organisée autour des fruticées ouvertes dominées par des phanérophtes comme *Quercus* cf. *canariensis*, *Castanea sativa*, *Celtis australis*, *Fraxinus*, *Salix* et *Ulmus* cf. *minor*.

-La communauté des arbustives méso-hygrophiles est organisée selon un gradient depuis des espèces héliophytiques comme (*Crataegus*-type, *Phillyrea* cf. *latifolia*, *Erica*-type, *Arbutus* cf. *unedo*, *Myrtus* cf. *communis* et *Pistacia lentiscus*) jusqu'à des arbustes hydrophiles comme (*Nerium* cf. *oleander* et *Tamarix* cf. *gallica*).

-La communauté des herbacées méso-hygrophiles qui comprennent à la fois les espèces amphibies de mare temporaire (*Callitriche obtusangula*, *Mentha*-type, *Juncus*-type et *Iris*-type) et des espèces de pelouses thérophytiques (*Asphodelus* cf. *ramosus*, *Plantago*-type, *Polygonum*-type, *Ranunculus*-type et *Rumex*-type).

Les spectres polliniques de surface des deux mares montrent une bonne conservation du signal et une flore pollinique diversifiée englobant 52 taxons appartenant à 38 familles et qui représente une somme pollinique de l'ordre de 3093 grains de pollen.

Un total de 36 taxons polliniques est enregistré dans la mare Ain Salhat avec une somme pollinique de l'ordre de 652 grains. Les pourcentages des taxons arborés dominant cet assemblage, atteignant un taux de 47,4 %, suivi par les herbacés 24,5%, arbustifs avec 24,4% et enfin les indéterminés avec 3,7% (Tab. 2). Dans ce spectre, le taxon *Alnus* cf. *glutinosa* est le plus dominant avec 22,5% suivi de *Quercus suber* 7,9% et *Pinus* 5,6%, le reste des taxons polliniques arborés (*Quercus* cf. *canariensis*, *Castanea sativa*, *Ulmus* cf. *minor*, *Populus* sp., *Salix* sp. et *Ficus* sp.) est représenté par 8,8% seulement. Dans la strate arbustive, le pollen d'*Erica*-type domine ce spectre avec un taux de 14,5%, suivi de *Phillyrea* et *Cistus*-type avec 4,3%, les autres taxons polliniques sont de l'ordre de <2%. Enfin, dans les herbacées, les *Poaceae*, *Asteraceae* et *Cyperaceae* ont un signal pollinique autour de 11,8%, suivi de *Ranunculus*-type, *Mentha*-type, *Brassicaceae*, *Chenopodium* sp., *Apiaceae* et *Artemisia* avec <2%. Les taxons polliniques *Asphodelus* cf. *ramosus*, *Daphne gnidium*, *Silene*-type ne sont pas présents dans ce spectre alors qu'ils sont très bien



Tableau 2. Les fréquences polliniques dans les cinq prélèvements de la surface des deux mares étudiées.

Pollen /Echantillon	Aoural 1 (Aou1)		Aoural 2 (Aou2)		Aoural 3 (Aou3)		Aoural 4 (Aou4)		Ain Salhat	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
<i>Acacia</i>	1	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alnus</i>	105	15,6	120	18,3	98	17,9	130	22,4	147	22,2
<i>Apiaceae</i>	19	2,8	21	3,2	17	3,1	14	2,4	12	1,8
<i>Arbutus</i>	3	0,4	4	0,6	2	0,4	3	0,5	4	0,6
<i>Artemisia</i>	1	0,1	-	-	-	-	-	-	2	0,3
<i>Asphodelus</i>	14	2,1	9	1,4	11	2,0	9	1,5	11	1,7
<i>Asteraceae</i>	34	5,1	28	4,3	21	3,8	19	3,3	26	3,9
<i>Brassicaceae</i>	2	0,3	1	0,2	4	0,7	2	0,3	6	0,9
<i>Callitriche</i>	10	1,5	12	1,8	15	2,7	9	1,5	-	-
<i>Campanulaceae</i>	1	0,1	2	0,3	-	-	1	0,2	2	0,3
<i>Caryophyllaceae</i>	12	1,8	9	1,4	7	1,3	5	0,9	9	1,4
<i>Castanea sativa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	13	2
<i>Celtis australis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	6	0,9
<i>Chenopodium</i> sp.	3	0,4	1	0,2	-	-	2	0,3	3	0,5
<i>Cistus</i> -type	15	2,2	7	1,1	13	2,4	11	1,9	14	2,1
<i>Crataegus</i> -type	3	0,4	4	0,6	1	0,2	2	0,3	-	-
<i>Cucurbitaceae</i>	11	1,6	15	2,3	7	1,3	9	1,5	-	-
<i>Cyperaceae</i>	25	3,7	19	2,9	16	2,9	32	5,5	23	3,5
<i>Daphne</i>	3	0,4	1	0,2	2	0,4	3	0,5	-	-
<i>Ephedra</i> sp.	1	0,1	2	0,3	-	-	3	0,5	-	-
<i>Erica</i> -type	65	9,7	87	13,2	53	9,7	74	12,7	95	14,3
<i>Eucalyptus</i>	2	0,3	-	-	1	0,2	-	-	-	-
<i>Fabaceae</i>	8	1,2	5	0,8	3	0,5	6	1	7	1,1
<i>Ficus carica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	9	1,4
<i>Fraxinus</i>	11	1,6	7	1,1	9	1,6	5	0,9	4	0,6
<i>Indéterminés</i>	19	2,8	22	3,3	26	4,7	21	3,6	24	3,6
<i>Iris</i> -type	22	3,3	28	4,3	20	3,6	27	4,6	-	-
<i>Juncus</i> -type	6	0,9	3	0,5	5	0,9	7	1,2	-	-
<i>Lamiaceae</i>	8	1,2	7	1,1	5	0,9	7	1,2	9	1,4
<i>Hyacinthaceae</i>	6	0,9	9	1,4	12	2,2	4	0,7	6	0,9
<i>Malvaceae</i>	5	0,7	2	0,3	1	0,2	3	0,5	-	-
<i>Mentha</i> -type	7	1	11	1,7	9	1,6	5	0,9	12	1,8
<i>Myrtus</i>	5	0,7	1	0,2	2	0,4	2	0,3	9	1,4
<i>Nerium</i>	3	0,4	6	0,9	2	0,4	1	0,2	-	-
<i>Olea</i>	19	2,8	24	3,7	28	5,1	23	4	5	0,8
<i>Phillyrea</i>	16	2,4	11	1,7	9	1,6	7	1,2	14	2,1
<i>Pinus</i>	5	0,7	3	0,5	6	1,1	4	0,7	37	5,6
<i>Pistacia</i>	19	2,8	16	2,4	12	2,2	9	1,5	5	0,8
<i>Plantago</i> -type	1	0,1	2	0,3	-	-	3	0,5	4	0,6
<i>Poaceae</i>	60	8,9	52	7,9	41	7,5	39	6,7	28	4,2
<i>Polygonum</i>	1	0,1	2	0,3	5	0,9	1	0,2	2	0,3
<i>Populus</i> sp.	7	1	10	1,5	6	1,1	8	1,4	5	0,8
<i>Quercus caduc</i>	12	1,8	9	1,4	10	1,8	11	1,9	16	2,4
<i>Quercus suber</i>	23	3,4	26	4	22	4	19	3,3	52	7,8

Tableau 2. continue.

<i>Ranunculus-type</i>	5	0,7	3	0,5	4	0,7	2	0,3	12	1,8
<i>Retama</i> sp.	4	0,6	2	0,3	3	0,5	4	0,7	-	-
<i>Rosaceae</i>	17	2,5	12	1,8	11	2	8	1,4	11	1,7
<i>Rumex-type</i>	1	0,1	-	-	-	-	2	0,3	4	0,6
<i>Salix</i>	21	3,1	16	2,4	13	2,4	11	1,9	7	1,1
<i>Silene</i>	4	0,6	2	0,3	-	-	1	0,2	-	-
<i>Solanaceae</i>	4	0,6	6	0,9	3	0,5	1	0,2	-	-
<i>Tamarix</i>	5	0,7	6	0,9	4	0,7	3	0,5	-	-
<i>Ulmus</i>	18	2,7	12	1,8	10	1,8	9	1,5	8	1,2

présents dans les relevés de végétation, contrairement au taxon *Artemisia* qui présente un spectre <1%.

Dans la mare Aoural, la somme pollinique est de l'ordre de 2441 grains. Elle est dominée par des herbacées avec 37%, en particulier avec des *Poaceae*, des *Asteraceae*, des *Cyperaceae*, *Apiaceae* et *Iris-type* de l'ordre de 15,1%. Les autres taxons polliniques enregistrés dans cette mare sont de l'ordre <2%. En revanche, les taxons polliniques de la strate arborée et arbustive sont de l'ordre de 36% et 23,4% respectivement, les indéterminés sont à 3,6%. Dans cet assemblage, le pollen d'*Alnus* est le plus dominant avec 18,6%, suivi d'*Erica-type* (11,4%), *Olea* (3,9%), *Quercus suber* (3,6%) et *Pinus* (0,7 %). Les autres essences arborées à savoir *Quercus caduc*, *Castanea sativa*, *Ulmus* cf. *minor*, *Populus* sp. et *Ficus carica* sont de l'ordre de <3%.

### ***Approche écologique de la pluie pollinique actuelle***

Les herbacées des prairies humides de la petite Kabylie orientale (*Asteraceae*, *Apiaceae*, *Poaceae*, *Cyperaceae* et *Ranunculaceae*) constituent l'essentiel des spectres de surface (0,7% à 6,4%). Les fréquences notables des *Malvaceae*, *Brassicaceae* et *Campanulaceae* reflètent les groupements xérophiles des bords des deux mares étudiées. Cependant, les taxons polliniques de la famille des *Asteraceae* peuvent aussi refléter en partie les essences xérophiles de la végétation héliophytique à l'exemple des genres *Echinops*, *Glebionis*, *Hyoseris*, *Scolymus* et *Sonchus*. Le niveau de détermination palynologique et l'analyse dans un contexte des mares sub-humide à humide permettent de séparer deux ensembles, hygrophile local et xérophile régional. Des essences forestières sont également enregistrées dans la mare Ain Salhat avec les taxons *Castanea sativa*, *Celtis australis*, *Quercus caduc* et *Quercus suber*.

Toutefois, les résultats obtenus ont également permis de distinguer un cortège diversifié de taxons polliniques terrestres traduisant les activités anthropiques locales, tels qu'*Asphodelus*, *Chenopodium*, *Malva* et *Plantago*. Ces marqueurs polliniques d'anthropisation sont le témoin d'une emprise humaine constante depuis plusieurs années et démontrent une fois de plus la grande valeur d'usage des deux mares pour la population locale.

Les taux de *Ranunculus* sont bien corrélés avec la présence de *Ranunculus macrophyllus*, *R. muricatus* et *R. parviflorus* qui connaissent leur maximum d'extension dans les tourbières d'altitude et de la plaine littorale. Toutefois, le spectre de la mare Ain Salhat est repré-

senté par des essences arborées. La présence de quelques grains de pollen allochtones de bioclimat humide (*Alnus*, *Erica*-type, *Quercus* sp. et *Ulmus minor*) dans les échantillons analysés de la mare Aoural illustre le transport du pollen par les différents agents de transport, notamment les vents qui assurent une dispersion hétérogène des grains de pollen.

Certaines espèces végétales ne figurent pas dans les relevés floristiques et sont bien présentes dans les spectres polliniques, le cas de *Pinus*, *Eucalyptus*, *Acacia*, *Tamarix*, *Artemisia*, *Solanaceae* et *Cucurbitaceae*.

On note l'absence de certains taxons de pollen dans les enregistrements polliniques, bien qu'ils soient signalés dans les inventaires floristiques, le cas des : *Lythraceae*, *Amaranthaceae*, *Araceae*, *Aristolochiaceae*, *Cactaceae*, *Crassulaceae*, *Euphorbiaceae*, *Gentianaceae* et *Hypericaceae*.

## Discussion

### *Composante floristique, biologique et chorologique*

La diversité floristique des deux mares étudiées, avec 174 espèces recensées, est la plus élevée pour des mares temporaires du secteur de la petite Kabylie (Benhassine-Gherzouli 2013). Ces espèces constituent un cortège floristique caractéristique des mares temporaires, relativement moyennement riche en comparaison avec le cortège de la Numidie (de Bélair 2005; Allem & al. 2017). Mis à part quelques particularités locales, la typologie de la végétation des mares d'Oued Zhor ne diffère pas du cadre général méditerranéen : communautés herbacées à développement décroissant de la zone inondée vers la zone exondée, sur des broussailles humides et enfin, formations méditerranéennes sclérophylles en fin de succession (Rhazi & al. 2001; Bonnet & al. 2005; Ferchichi-Ben Jamaa & al. 2010; Bouldjedri & al. 2011; Laribi & al. 2016; Fetnaci & al. 2019).

Les thérophytes (57 taxons) composent principalement le spectre biologique autour de la mare Aoural et Ain Salhat. La dominance des espèces annuelles traduit l'adaptation des communautés à l'imprévisibilité des conditions environnementales (Deil 2005; Williams 2006; Megharbi & al. 2016), en favorisant les espèces à cycle court qui investissent plus dans la reproduction sexuée que dans le développement végétatif (Allem & al. 2017; Fetnaci & al. 2019).

L'examen des principaux types chorologiques rencontrés dans les deux mares étudiées confirme la dominance de l'élément méditerranéen, souligné par Quézel (2002) pour l'ensemble des pays de l'Afrique du Nord.

Vingt-huit taxons remarquables (endémiques, rares, protégés ou menacés) d'angiospermes ont été signalés dans nos mares étudiées. Toutes ces espèces recensées présentent une grande valeur en terme de conservation, soit pour des raisons patrimoniales, ou pour leur risque d'extinction (Gaston & al. 1999; Véla & Benhouhou 2007; Hamel & al. 2013).

### *Relation pollen-végétation*

Le couplage des données floristiques avec les données polliniques nous a permis de disposer d'un référentiel actuel pour l'interprétation des données fossiles (Ben Tiba 1982; Stambouli-Essassi & al. 2007; Benslama & al. 2010; Youbi & Benslama 2015; Kahit & al. 2017; Ghit & al. 2018) et de connaître la précision avec laquelle sont enregistrées la com-

position et la structuration de la végétation locale dans les assemblages polliniques de surface (Janssen 1979). Ainsi, les résultats obtenus montrent l'enregistrement de la végétation en ceintures. Cette zonation est liée à l'hydrologie qui est le principal facteur structurant la végétation des zones humides temporaires (Grillas & al. 2004; Deil, 2005; de Bélair 2005). Cela pourrait témoigner de l'absence de transport latéral du pollen au sein de nos mares.

Il ressort de l'inventaire de la végétation actuelle des deux mares étudiées que nombreuses espèces appartenant aux différentes communautés sont présentes sur le site, mais il n'y a pas de traces polliniques, cela peut être dû à trois possibilités : soit une faible production pollinique, soit une fragilité pollinique ou encore que la période de floraison coïncide avec la saison sèche qui expose le pollen au processus de décomposition (Djemai & al. 2017; Ghit & al. 2018). Toutefois, certains taxons étudiés sont régionaux et donc absents dans les relevés phytoécologiques de nos mares. C'est notamment le cas de *Olea*, *Populus* sp., *Tamarix* et de *Retama* sp. Ces taxons régionaux sont caractérisés par de bonnes dispersion (de Beaulieu & Pons 1979; Brugiapaglia & al. 1998; Baron & al. 2005; Cornet & Wales 2020) et production polliniques, en particulier le *Pinus* (de Beaulieu & Pons 1979). La dominance du pollen arboré dans le profil de surface de la mare Ain Salhat est logique, car la dynamique végétale régionale a été essentiellement forestière (Battandier & Trabut 1888-1890; Maire 1952-1987; Quézel & Santa 1962-1963). D'autre part, l'étude floristique permet d'identifier les taxons locaux, présents aujourd'hui sur nos tourbières. Certains de ces taxons sont retrouvés dans les enregistrements polliniques, mais parfois avec des abondances très différentes de leur abondance réelle. L'enregistrement des *Geraniaceae* est encore plus problématique bien qu'elles sont localement abondantes, le cas de *Geranium molle* L. subsp. *molle* et *Geranium robertianum* subsp. *purpureum* (Vill.) Nyman, tandis que le diagramme n'en indique aucune en surface. *Geraniaceae* ont un faible pouvoir de dispersion (Carrión & al. 2010), malgré que leur pollen a une exine très développée résistante aux conditions de dégradation mais, les conditions locales actuelles (sècheresse prolongée et incendies) peuvent être à l'origine de cette situation, car il a été bien enregistré dans les diagrammes polliniques de l'Algérie orientale (ex. Benslama & al. 2010; Djemai & al. 2017), en conditions normales.

Le pollen d'*Erica*-type est moyennement présent dans les enregistrements polliniques et les relevés floristiques aux abords de nos mares étudiées. Ceci indique la présence des maquis dégradés et déboisés, ce qui témoigne son abondance locale (Ghit & al. 2018). *Poaceae* et *Asteraceae* sont enregistrées à des fréquences > 6 % et > 3% respectivement. Ces taxons sont des indicateurs régionaux caractéristiques des milieux ouverts (Duplessy & Ramstein 2013).

Les deux mares étudiées abritent également des taxons patrimoniaux, rares et endémiques, comme *Bellis prostrata*, *Eryngium pusillum* et *Geranium dissectum* localement abondants, tandis qu'*Alternanthera sessilis*, *Aristolochia paucinervis* et *Linaria pinifolia* sont limités à de petites parcelles périphériques. Ces espèces sont typiques des mares temporaires et nécessitent des conditions hydrologiques particulières pour leur croissance et leur reproduction (de Bélair 2005; Allem & al. 2017). La représentation de la végétation par les assemblages polliniques est susceptible d'être affectée par plusieurs facteurs, notamment la taille du site, la structure de la végétation environnante, les capacités de production et de dispersion du pollen, la résistance des grains de pollen à la dégradation et la précision des identifications lors de l'analyse pollinique (Jacobson & Bradshaw 1981;

Muller & al. 2006). Ces facteurs sont susceptibles de limiter l'interprétation de données polliniques, notamment en termes de biodiversité (Odgaard 1999; Brun & al. 2007).

## Conclusion

Notre étude a permis de mettre en lumière certains aspects notables de deux tourbières étudiées du bassin versant d'Oued Zhor. En se fondant sur les inventaires floristiques et leur interprétation écologique, l'étude de la végétation actuelle des deux mares étudiées (Aoural et Ain Salhat) nous a permis d'identifier, dans un environnement humide, plusieurs taxons caractéristiques indicateurs des zones humides dont certains sont patrimoniaux et qui nous permettront de guider les interprétations de nos séquences polliniques fossiles. L'identification morphopollinique, difficile aux niveaux spécifiques et générique, nous a poussés à constituer des groupements fonctionnels caractéristiques des différentes communautés basées sur le rang des familles. Ce rang de reconnaissance morphopollinique est le plus courant pour les herbacées. Toutefois, la caractérisation pollinique de toutes ces communautés et la construction d'un référentiel pollinique local par le biais de l'étude de la pluie pollinique actuelle et des analogues actuels est une étape indispensable pour l'interprétation des spectres fossiles. En fait, ces données floristiques et paléocéologiques peuvent maintenant être affinées pour fournir une perspective -à long terme- utile pour la conservation des zones humides et devraient aider les gestionnaires de l'environnement à concevoir des politiques de conservation appropriées.

## Références

- Allem, M., Hamel, T., Tahraoui, C. & Boulemtafes, A. 2017: Diversité floristique des mares temporaires de la région d'Annaba (Nord-Est Algérien). – *Int. J. Environ. Stud.* **75(3)**: 405-424. <https://doi.org/10.1080/00207233.2017.1409977>
- APD 2023: African Plants Database. Geneve: Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève; Pretoria (SA): South African, South African National Biodiversity Institute) <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa>. [consulté 06/04/2023]
- Baron, S., Lavoie, M., Ploquin, A., Carignan, J., Pulido, M. & de Beaulieu, J.-L. 2005: Record of Metal Workshops in Peat Deposits: History and Environmental Impact on the Mont Lozère Massif, France. – *Envi. Sci & Tech.* **39(14)**: 5131-5140.
- Battandier, J. A. & Trabut, L. C. 1888–1890: Flore d'Algérie. – Alger.
- Benhassine-Gherzouli, C. 2013: Anthropisation et dynamique des zones humides dans le nord-est algérien : Apport des études palynologiques pour une gestion conservatoire. –Thèse de Doctorat en Géographie et aménagement, université de Toulouse, France.
- Bensettiti, F. & Lacoste A. 1999: Les ripisylves du Nord de l'Algérie : Essai de synthèse synsystématique à l'échelle de la Méditerranée occidentale. – *Ecol. Medit.* **25**: 13-39.
- Benslama, M., Andrieu-Ponel, V., Guiter, F., Reille, M., De Beaulieu, J. L., Migliore, J., & Djamai, M. 2010: Nouvelles contributions à l'histoire Tardiglaciaire et Holocène de la végétation en Algérie : analyses polliniques de deux profils sédimentaires du complexe humide d'El Kala. – *C. R. Biol.* **333**: 744-754. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2010.08.002>
- Ben Tiba B. 1982: Relations pluie pollinique-végétation en Kroumirie (Tunisie Septentrionale). – *Ecol. Medit.* **7(4)**: 62-73.

- Berglund, B. E. & Ralska-Jasiewiczowa, M. 1986: Pollen analysis and pollen diagrams. – Pp. 455-484 in: Berglund, B. E. (ed.), *Handbook of Holocene Paleoecology and Paleohydrology*. – Chichester.
- Beug, H. J. 2004: *Leitfaden der Pollenbestimmung: für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*. – München.
- Birks, H. J. B. & Birks, H. H. 1980: *Quaternary Paleoecology*. – London.
- Blanca, G., Cabezudo, B., Cueto, M., Lopez, C. F. & Torres, C. M. 2009: *Flora Vasculaire de Andalucía Oriental*, **1-4**. – Seville.
- Bonnet, B., Aulong, S., Goyet, S., Lutz, M. & Mathevet, R. 2005: *Gestion intégrée des zones humides méditerranéennes : Conservation des zones humides*. – Arles.
- Bouldjedri, M., de Bélair, G., Mayache, B. & Muller, S. D. 2011: Menaces et conservation des zones humides d’Afrique du Nord: le cas du site Ramsar de Beni-Belaid (NE algérien). – *C. R. Biol.* **334(10)**: 757-772. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2011.06.009>.
- Bounouara, Z. 2018: *Origine et évolution de la matière organique dans les sols des zones subhumides (Cas de la région de Skikda - Algérie)*. – Thèse de doctorat en Ecopédologie, Université de Batna1, Batna (Algérie).
- Brugiapaglia, E., de Beaulieu, J.-L., Guiot, J. & Reille, M. 1998: Transect de pluie pollinique et étalement de la végétation dans le massif du Taillefer (Isère, France). – *Géo. Phy. Quat.* **52(2)**: 209-218.
- Brun, C., Dessaint, F., Richard, H. & Bretagnolle, F. 2007: Arable-weed flora and its pollen representation: a case study from the eastern part of France. – *Rev. Palaeobot. Palynol.* **146**: 29-50. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2007.02.001>
- Carrión, Y., Kaal, J., López-Sáez, J.A., LópezMerino, L. & Martínez Cortizas, A. 2010: Holocene vegetation changes in NW Iberia revealed by anthracological and palynological records from a colluvial soil. – *The Holocene* **20(1)**: 53-66. <https://doi.org/10.1177/0959683609348849>
- Chaumont, M. & Paquin, C., 1971: *Carte pluviométrique de l’Algérie du Nord, échelle 1/500000 (4 feuilles et notice)*. – Alger.
- Chouit, Z. 2015: *Evaluation des ressources en eau superficielle dans le bassin versant de l’oued Zhor. Etude de faisabilité d’un barrage*. – Thèse de Magister. Université Badji Mokhtar, Annaba (Algérie).
- Cornet, F. & Wales, A. 2020: Reconstitution des paléo-incendies du Mont Lozère (Cévennes, France) du Tardiglaciaire à nos jours. – *Orpalm Synthesis* **13(1)**: 9-24.
- Daoud-Bouattour, A., Muller, S.D., Ferchichi Ben Jamaa, H., Ben Saad Limam, S., Rhazi, L., Soulié Marsche, I., Rouissi, M., Touati, B., Ben Haj Jilani, I., Gammar, A. & Gharbi Gammar, Z. 2011: Conservation of Mediterranean wetlands: Interest of historical approach. – *C. R. Biol.* **334**: 742-756. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2011.07.006>
- de Beaulieu, J.-L. & Pons, A. 1979: *Recherches pollen-analytiques sur l’histoire de l’action humaine dans la région du Parc National des Cévennes*. – *Ann. Parc Nat. Cévennes* **1**: 101-128.
- de Bélair, G. & Samraoui, B., 2000: *L’écocomplexe des zones humides de Béni-Belaid: Un projet de réserve naturelle*. – *Sci. Tech.* **14**: 115-124.
- , G. 2005: *Dynamique de la végétation de mares temporaires en Afrique du Nord (Numidie orientale, NE Algérie)*. – *Ecol. Medit.* **31**: 83-100.
- Deil, U. 2005: A review on habitats, plant traits and vegetation and ecology of ephemeral wetlands. – *Phytocoeonologia* **35**: 533-705. <https://doi.org/10.1127/0340-269X/2005/0035-0533>
- Djamai, Z., Belouahem, D., Hamel, T. & Benslama, M. 2017: Pollen approach and evolution of the floristic biodiversity of the humid and salty zone of the Fetzara Lake (Northeast of Algeria). – *Int. J. B.* **11(4)**: 1-14. <http://dx.doi.org/10.12792/ijb/11.4.114>.
- Dobignard, A. & Chatelain, C. 2010-2013: *Index synonymique de la flore d’Afrique du Nord*, **1-5**. Genève.

- Duplessy, J.C. & Ramstein G. 2013: Paléoclimatologie : enquête sur les climats anciens, **1**. – Paris.
- Faegri, K. & Iversen, J. 1989: Textbook of Pollen Analysis, 4<sup>e</sup> Ed. – Chichester.
- Faurel, L. 1959: Plantes rares et menacées d'Algérie. – C.R. de la réunion technique de l'UICN **5**: 140-155.
- Ferchichi-Ben Jamaa, H., Muller, S.D., Daoud-Bouattour, A., Ghrabi-Gammar, Z., Rhazi, L., Soulié-Märsche, I., Ouali, M. & Ben Saad-Limam, S. 2010: Structures de végétation et conservation des zones humides temporaires méditerranéennes: la région des Mogods (Tunisie septentrionale). – C. R. Biol. **333**: 265-279. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crv.2009.12.014>
- Fetnaci, I., Beddiar, A. & Hamel, T., 2019: Le lac Fetzara (Nord-Est algérien) Biodiversité floristique et menaces potentielles. – Fl. Med. **29**: 227-245. <http://dx.doi.org/10.7320/FIMedit29.227>
- Froyd, C.A. & Willis, K.J. 2008: Emerging issues in biodiversity and conservation management: the need for a palaeoecological perspective. – Quaternary Sci. Rev. **27**: 1723-1732. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2008.06.006>
- Gaston, K.J. 1991: How large is a species geographic range? – Oikos **61(3)**: 434-438. <http://dx.doi.org/10.2307/3545251>.
- Ghit, K., Muller, S.D., de Bélair G., Belouahem-Abed D., Daoud-Bouattour A. & Benslama M. 2018: Palaeoecological significance and conservation of peat-forming wetlands of Algeria. – Rev. Ecol. (Terre et Vie) **73(4)**: 414-430.
- Grillas, P., Gauthier, P. Yavercovski, N. & Perennou, C. 2004: Mediterranean temporary pools, **1-2**. – Arles.
- Hamel, T., Seridi, R., de Bélair, G., Slimani, A. R. & Babali, B. 2013: Flore vasculaire rare et endémique de la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien). – Rev.Synth. Sci. Technol. **26**: 65-74.
- J.O.R.A. 2012: Décret exécutif du 18 janvier 2012, complétant la liste des espèces végétales non cultivées et protégées. J. Off. Rép. Algérienne **3-12/12**: 12-38.
- Jackobson, G. L. & Bradshaw, R. H. W. 1981: The selection of sites for paleovegetational studies. – Quatern. Res. **16**: 80-96.
- Janssen, C. R. 1979: The development of palynology in relation to vegetation science, especially in the Netherlands. – Pp. 229-246 in: Werger M. J. A. (ed.), The study of vegetation. – The Hague.
- Kahit, F. Z., Zaoui, L., Danu, M. A., Romanescu, G. & Benslama, M. 2017: A new vegetation history documented by pollen analysis and C14 dating in the alder of Ain Khair – El Kala wet complex, Algeria. – Int. J. Bot. **11(6)**: 192-199.
- Laribi, M., Vêla, E., Acherar, M., Mathez, J. & Hamchi, A. 2016: Sur la découverte de *Potentilla supina* L. en Algérie: écologie, taxinomie, biogéographie et statut de conservation. – Revue d'Écologie (Terre et Vie) **71(3)**: 266-277.
- Maire, R. 1952-1987: Flore de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara), **1-16**. – Paris.
- Marre, A. 1992: Le Tell oriental algérien de Collo à la frontière tunisienne, étude géomorphologique. – Alger.
- Médail, F. & Quézel, P. 1997: Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. – Ann. Missouri Bot. Gard. **84**: 112-127. <https://doi.org/10.2307/2399957>
- Médail, F. & Myers, N., Mediterranean Basin. – Pp. 144-147 in: Mittermeier, R. A., Robles Gil, P., Hoffmann, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C. G., Lamoreux, J. & da Fonseca, G. A. B. (eds) 2004: Hotspots revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions. – Monterrey.
- Muller, S. D., Nakagawa, T., de Beaulieu, J.-L., Court-Picon, M., Fauquette, S. & Genries, A. 2006: Paléostructures de végétation à la limite supérieure des forêts, dans les Alpes françaises internes. – C. R. Biol. **329**: 502-511. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2006.05.002>
- Odgaard, V. 1999: Fossil pollen as a record of past biodiversity. – J. Biogeogr. **26(1)**: 7-17.

- Pignatti, S. 1982: Flora d'Italia, **1-3**. – Bologna.
- Quézel, P. & Santa, S. 1962-1963: Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionale, **1-2**. – Paris.
- & Zevaco, C. 1964: Découverte en Corse de *Pilularia minuta* Dur. – Bull. Soc. Bot. Fr. **111(5-6)**: 274-275.
- , P. 2002: Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. – Paris.
- Raunkier, C. 1934: The life forms of plants and statistical plant. – Geography. – Oxford.
- Reille, M. 1992-1998: Pollen set spores d'Europe et d'Afrique du Nord. – Marseille.
- Rhazi, L., Grillas, P., Mounirou Toure, A. & Tan Ham, L. 2001: Impact of land use in catchment and human activities on water, sediment and vegetation of Mediterranean temporary pools. – C.R. Acad. Sc. Paris Ser. III Sci. Vie **324**: 165-177.
- Seltzer, P., Lassere, A., Grandjean, A., Auberty, E. & Fourey, R. 1946: Le climat de l'Algérie. – Alger.
- Stambouli-Essassi, S., Roche, E. & Bouzid, S. 2007: Evolution de la végétation et du climat dans le Nord-Ouest de la Tunisie au cours des 40 derniers millénaires. – Géo-Eco-Trop. **31**: 171-214.
- Tison, J. M. & de Foucault, B. 2014: Flora gallica: flore de France. – Mèze.
- UICN. 2023: Liste rouge de l'UICN des espèces menacées. Version 2023-1. <http://www.iucnredlist.org> [accessed 6/4/2023]
- Véla, E. & Benhouhou, S. 2007: Evaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le bassin Méditerranéen (Afrique du Nord). – C. R. Biologies **330**: 589-605. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2007.04.006>
- Youbi, M. & Benslama, M. 2015: A 1000-year record from El-Ghorra mountain (NE Algeria): Mediterranean vegetation dynamic in response to climatic variation. – Ecol. Environ. Conserv. **21**: 1189-1198.
- Williams, D. D. 2006: The biology of temporary waters. – Oxford.

Adresses des auteurs:

Ali Tatar Braham<sup>1\*</sup>,<sup>2</sup>, Touati Leila<sup>2</sup>, Hamel Tarek<sup>3</sup>, Mechentel El hadi<sup>2</sup>, Badouna Bahaeddine<sup>2,4</sup> & Benslama Mohamed<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Laboratoire de recherche sols et développement durable. Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université BADJI Mokhtar Annaba, Algérie, 23 000. Courriel: b.tatar@univ-soukahras.dz, alitatarbraham23@gmail.com, bensamrane@yahoo.fr

<sup>2</sup>Département des Sciences Agronomiques, Institut des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, Université Mohamed Chérif Messaadia Souk Ahras, Algérie 41 000. Courriel: lilyecologue@yahoo.fr, l.touati@univ-soukahras.dz, elhadi.mechentel@univ-soukahras.dz

<sup>3</sup>Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université BADJI Mokhtar Annaba, Algérie, 23 000. Courriel: tarek\_hamel@yahoo.fr

<sup>4</sup>Laboratoire de Biochimie et la Toxicologie Environnementale, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université BADJI Mokhtar Annaba, Algérie, 23 000. Courriel: bahaeddine.badouna@univ-soukahras.dz

\*Auteur correspondant.

