

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Université Sétif 1- Ferhat ABBAS
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie



جامعة سطيف 1 - فرحات عباس
كلية علوم الطبيعة والحياة

N...../SNV/2026

DEPARTEMENT ECOLOGIE ET ENVIRONNEMENT

THÈSE

Présentée par

SLIMANI Yassmina

Pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT EN SCIENCES

Filière : Biologie

Spécialité : Ecologie Végétale

Thème

Végétation et cartographie des mares temporaires du Sétifois (Nord de l'Algérie)

Soutenue publiquement le **08/03/2026**

DEVANT LE JURY

Président:	SAOULI Nacira	M C A	Université Sétif 1- Ferhat ABBAS
Encadreur:	BOULAACHEB Nacira	Pr	Université Sétif 1- Ferhat ABBAS
Examineur:	ZADAM Abdelghani	Pr	Université Mohamed Boudiaf M'Sila
	SARRI Djamel	Pr	Université Mohamed Boudiaf M'Sila
	EDDINE Ahmed	M C A	Université Sétif 1- Ferhat ABBAS
	LAALA Ahmed	M C A	Université Abdelhafid Boussouf Mila
Invité :	GHARZOULI Rachid	Pr	Université Sétif 1- Ferhat ABBAS

Laboratoire PUVIT : Projet Urbain, Ville et Territoire

Remerciement

Je tiens à remercier avant tout Dieu le tout puissant, qui m'a donné la volonté, le courage, la force et la patience pour réaliser ce travail.

Je tiens à remercier Pr. Nacira BOULAACHEB. Les mots ne suffisent pas pour exprimer ma gratitude. Merci pour votre intégrité et votre précieux soutien, merci pour l'accompagnement sur le terrain et pour l'encouragement dans les moments difficiles. Ce travail n'aurait pas vu le jour sans votre appui technique. Merci pour votre disponibilité et votre rigueur scientifique, qui m'ont guidée vers la réalisation de cette thèse et vers la publication de mon premier article scientifique.

Je remercie également mon co-directeur de thèse, Pr. Rachid GHARZOULI, le « seneur d'espoirs », qui a éveillé mon intérêt pour l'écologie dès ma troisième année d'ingéniorat. Il m'a initiée au travail de terrain. Merci pour vos conseils et votre soutien, que ce soit durant mon parcours d'étudiante ou d'enseignante.

J'exprime aussi toute ma reconnaissance à l'ensemble des membres du jury qui m'ont fait l'honneur d'accepter d'évaluer ce travail. Je présente mes vifs remerciements au Dr. Nacira SAOULI (Université Sétif 1 Ferhat ABBAS), pour avoir accepté de présider ce jury. Je remercie particulièrement Pr. Abdelghani ZADAM (Université Mohamed Boudiaf M'sila), Pr. Djamel SARRI (Université Mohamed Boudiaf M'sila), Dr. Ahmed EDDINE (Université Sétif 1 Ferhat ABBAS) et Dr. Ahmed LAALA (Université Abdelhafid Boussouf Mila), pour avoir aimablement accepté de faire partie du jury.

Je suis très reconnaissante à Abdeldjouad BOUCHAALA pour la réalisation des cartes. Je souhaite remercier chaleureusement tous les membres de la Conservation des forêts de la wilaya de Sétif, en particulier les circonscriptions des communes d'Ain Abbassa, Béni Azize, El Eulma, Bougaa.

Un grand merci au Dr. Amira MAZARI pour le temps accordé, l'écoute, les encouragements, ainsi que pour les débats et conseils précieux.

Merci à CORNIER Thierry, directeur général du Centre régional de phytosociologie agréé Conservatoire Botanique National de Bailleul, pour l'accès aux documents de la bibliothèque et pour l'aide à l'identification des espèces. Un grand merci également à Mariel et Kloé, pour leur amabilité, les débats enrichissants et les sorties conviviales.

À la mémoire de ma sœur Khalissa (رَجَمَهَا اللَّهُ), étudiante en médecine, la meilleure sœur au monde : qu'elle repose en paix.

Un grand merci à ma famille et ma belle-famille pour leur soutien et leurs encouragements incessants tout au long de ce travail, ainsi que pour leur patience, leur confiance et leur bienveillance.

Le plus grand de mes remerciements est pour toi, Bassem. Merci de m'avoir accompagné dans cette aventure et de t'occuper de nos chers enfants Israa et Asser, qui m'ont donné le courage de finaliser ce travail.

Enfin, merci à toute personne qui, de près ou de loin, a contribué à l'aboutissement de cette thèse.

يتمثل الهدف الرئيسي لدراستنا في جرد الغطاء النباتي للبرك المؤقتة في منطقة سطيف، وتشخيص وضعها الحالي، وذلك من خلال تحليل تطورها عبر مراحل زمنية مختلفة، وتقييم التغيرات التي طرأت عليها. كما رافق هذا العمل استجواب أجري مع السكان المحليين لفهم تأثير الإنسان على البرك.

أسفر الجرد النباتي عن تسجيل 139 نوعاً موزعاً على 87 جنساً و35 عائلة نباتية، مع هيمنة واضحة لعائلة النجيلية (poacées) تضم 19 نوعاً. وتنتمي هذه الأنواع إما إلى الأوساط الرطبة أو إلى الأوساط البرية. وأظهرت دراسة الطيف البيولوجي العام سيادة Hémicryptophytes (70 نوعاً، أي 50%). وتنتمي معظم الأنواع المسجلة إلى المجموعة الفيتوجغرافية الشمالية (37%)، في حين وُجدت 10 أنواع محلية، ومن بين الأنواع 139 المسجلة، صُنِفَ 10 أنواع منها نادرة، و10 أخرى ضمن قائمة النباتات البرية المحمية في الجزائر، كما سجّل وجود 18 نوعاً طيباً. وقد سجلنا وجود بعض الأنواع لأول مرة في المنطقة، مثل: *Elatine alsinastrum* L. و *Isoetes longissima* Bory & Durieu، والتي كانت مسجلة سابقاً في القطاع النوميدي فقط.

أما تحليل التطور الزمني للبرك في منطقة سطيف في الفترة (2010-2023) قد أبرز تراجعاً كبيراً في مساحة بعض البرك، مثل بركة أم المواجهن التي انخفضت مساحتها من 11840.28 م² سنة 2010 إلى 8329.805 م² سنة 2023. ويرجع هذا التدهور مباشرة إلى الممارسات البشرية، مثل: الزراعة، الرعي، الصرف، الردم، سقي الماشية، والتلوث. كما أظهرت التغيرات في استعمالات الأراضي ببلديتي عين عباسية وعين الكبيرة تراجعاً في مساحة بعض البرك، ويرجع هذا التغيير بالأساس إلى الجفاف المتكرر والتقلبات المناخية التي تقلل من مدة الغمر المائي، فضلاً عن تأثير الإنسان، مثل التوسع العمراني، والزراعة، مما يؤدي إلى نقص المساحة، أو اختفاء بعض البرك. كما أكد التحليل الزمني لمؤشر NDWI في الفترة (2007-2025) تراجعاً تدريجياً في مستوى مياه البرك.

وكشف الاستجواب مع السكان المحليين أن البرك تُعدُّ نُظْماً بيئية غنية بالموارد توفر خدمات متعددة لهم، منها: الرعي، الزراعة، التزود بالماء، والنباتات الطبية. غير أن نظرة السكان لهذه البرك تتأثر بالوضعية العقارية: إذ يعتبر معظم المستعملين، كونهم ملاكاً خواص، مما يزيد من هشاشتها تجاه الضغوط البشرية، والتغيرات المناخية. ومن هنا تبرز الحاجة الملحة إلى وضع إجراءات للحفاظ على هذه البرك، وإعداد أطر تشريعية تضمن حمايتها المستدامة باعتبارها نُظْماً بيئية هشة.

الكلمات المفتاحية: البرك، سطيف، التنوع النباتي، التطور الزمني، استعمالات الأراضي، NDWI، الضغط البشري، الحماية.

Résumé

Notre étude a pour objectif principal d'inventorier la flore des mares du Sétifois et d'établir un diagnostic de leur état actuel, afin d'analyser leur évolution diachronique et d'évaluer les changements dans l'occupation du sol. Elle s'accompagne également d'une enquête socio-économique menée auprès de la population locale pour comprendre la relation homme-mare.

L'inventaire floristique des mares dans le Sétifois a permis de recenser 139 espèces réparties en 87 genres et appartenant à 35 familles botaniques, avec une forte dominance de la famille des Poacées (19 espèces). Ces espèces sont soit inféodées aux zones humides, soit liées aux milieux terrestres. L'analyse du spectre biologique global révèle une prédominance des hémicryptophytes (70 espèces, soit 50 %). La majorité des espèces recensées appartient à l'ensemble phytochorique septentrional (37 %), tandis que dix espèces sont endémiques. Par ailleurs, sur les 139 espèces inventoriées, 10 sont considérées comme rares et 10 autres figurent dans la liste des espèces végétales non cultivées et protégées en Algérie. Certaines espèces, jusqu'à présent uniquement signalées en Numidie, ont été nouvellement observées dans la région (notamment *Elatine alsinastrum* L. et *Isoetes longissima* Bory & Durieu). L'étude a également mis en évidence 18 espèces médicinales.

L'analyse diachronique, couvrant la période 2010-2023, met en évidence une régression significative de la superficie de certaines mares, à l'image de la mare d'Oum Lamouadjne qui est passée de 11840.28 m² en 2010 à 8329.805 m² en 2023, conséquence directe des pratiques humaines telles que l'agriculture, le pâturage, le drainage, le comblement, piétinement, l'abreuvement du bétail et la pollution. L'évolution d'occupation du sol dans les communes d'Ain Abbassa et Ain ElKebira montre une diminution dans la superficie des mares. Cette dynamique s'explique principalement par les sécheresses récurrentes et la variabilité climatique, qui réduisent la durée d'inondation, ainsi que par les pressions anthropiques, notamment l'urbanisation et l'agriculture, qui entraînent la modification ou la disparition de certains sites. L'analyse diachronique de l'indice NDWI de ces régions entre (2007- 2025) met en évidence une régression progressive des surfaces en eau.

L'enquête socio-économique révèle que les mares constituent des milieux riches en ressources et fournissent de multiples services aux populations locales, notamment le pâturage, l'agriculture, l'approvisionnement en eau et les plantes médicinales. Toutefois, la perception de ces milieux est fortement influencée par le statut foncier : la majorité des usagers, étant des propriétaires privés, considèrent les mares comme des ressources en libre accès, ce qui accentue leur vulnérabilité face aux pressions anthropiques et aux changements climatiques. D'où la nécessité de mettre en place des mesures de conservation et d'élaborer des textes législatifs visant à protéger durablement ces écosystèmes fragiles.

Mots clés: Mares, Sétifois, Diversité floristique, Evolution diachronique, Occupation du sol, NDWI, Action anthropique, Conservation.

Abstract

The main objective of our study is to inventory the flora of the temporary ponds in the Sétif region and to establish a diagnosis of their current state, in order to analyze their diachronic evolution and assess changes in land use. This work is also complemented by a socio-economic survey conducted among the local population to understand the human–pond relationship.

The floristic inventory recorded 139 species, distributed across 87 genera and belonging to 35 botanical families, with a strong dominance of the Poaceae family (19 species). These species are either restricted to wetland habitats or associated with terrestrial environments. The analysis of the overall biological spectrum revealed a predominance of hemicryptophytes (70 species, representing 50%). Most of the recorded species belong to the northern phytochoric group (37%), while ten species are endemic. Moreover, among the 139 inventoried species, 10 are considered rare, and another 10 are listed among Algeria's protected wild plant species. Some species that had previously only been reported in Numidia, such as *Elatine alsinastrum* L. and *Isoetes longissima* Bory & Durieu, were observed for the first time in the region. The study also identified 18 medicinal species.

The diachronic analysis, covering the period 2010–2023, highlights a significant regression in the surface area of certain ponds, such as Oum Lamouadjne pond, which decreased from 11840.28 m² in 2010 to 8329.805 m². This decline is a direct consequence of human practices such as agriculture, grazing, drainage, filling, trampling, livestock watering, and pollution. Land-use changes in the communes of Aïn Abbessa and Aïn El Kebira show both a decrease and, in some cases, an increase in pond surface area. This dynamic is mainly explained by recurrent droughts and climate variability, which reduce flooding duration, as well as anthropogenic pressures, including urbanization and agriculture, which lead to the alteration or disappearance of certain sites. The diachronic analysis of the NDWI index in these regions (2007–2025) confirms a progressive reduction in water surfaces.

The socio-economic survey reveals that the ponds are resource-rich ecosystems providing multiple services to local populations, including grazing, agriculture, water supply, and medicinal plants. However, perceptions of these environments are strongly influenced by land tenure: most users, being private landowners, consider the ponds as open-access resources, which increases their vulnerability to anthropogenic pressures and climate change. This highlights the urgent need to implement conservation measures and to develop legislative frameworks aimed at ensuring the sustainable protection of these fragile ecosystems.

Keywords: Ponds, Sétif region, Floristic diversity, Diachronic evolution, Land use, NDWI, Anthropogenic impact, Conservation.

Table des matières

Remerciement

الملخص

Résumé

Abstract

Table des matières

Table des figures

Les abréviations

Introduction générale

Chapitre I Généralités sur les mares temporaires

I.1 Définitions	5
I.2 Typologies des mares temporaires	7
I. 3.1 Mares d'origine naturelle	8
I.3.2 Mares d'origine artificielle.....	9
I.4 Richesse et diversité végétale des mares temporaires méditerranéennes	10
I.5 Structure et fonctionnement.....	11
I.6 Zonation	12
I.6.3 Endémisme végétal des mares temporaires méditerranéennes	16
I.7 Faune des mares temporaires d'Algérie et du Maghreb	16
I.7.1 Stratégies de résistance des invertébrés à l'assèchement	17
I.7.2 Déplacements intermares des tritons	17
I.9 Impacts des changements climatiques sur les mares	23
I.9.1 Impacts sur le milieu	23
I.9.2 Impacts sur la biodiversité	24

Chapitre II Caractérisation, physique et biogéographique

II.1 Milieu physique	31
II.1.1 Situation géographique :	31
II.1.2 Altitude.....	31
II.1.3 Exposition	32
II.1.4 Pentes.....	33
II.1.5 Pédologie	34
II.1.6 Géologie.....	35
II.2 Climat et bioclimat	38
II.2.1 Origine des données climatique	38
II.2.2 Facteurs du climat	38
II.2.2.1 Précipitation.....	38

II.2.2.2 Températures.....	39
II.2.3.1 Diagramme ombrothermique	45
II.3 Cadre Biogéographique.....	48
II.3.1 Cadre phytogéographique.....	48
II.3.2 Principales subdivisions phytogéographiques de L'Algérie.....	49
II.3.3 Subdivisions biogéographiques de la région d'étude	50
Chapitre III Matériels et Méthodes	
III.1 Matériels utilisées	53
III.2 Méthodologie.....	53
III.2.1 Inventaire des mares	54
III.2.2 Etude floristique	54
III.2.3 Analyse statistique	54
III.2.4 Indices de mesure de la diversité floristique	54
III.2.4 Evolution diachronique des mares.....	55
III.2.5 Occupation du sol	55
IV.1 Identification des mares	59
IV.1.1 Inventaire des mares.....	59
IV.1.2 Typologie des mares	60
IV.1.3 Localisation des mares.....	63
IV.2 Inventaire floristique.....	64
IV.2.1 Richesse spécifique.....	64
IV.2.2 Diversité floristique	64
IV.2.3 Rareté.....	65
IV.2.4 Type biologique	66
IV.2.5 Répartition géographique	67
IV.2.6 Organisation spatiale de la végétation	68
IV.2.7 Mesure de la diversité floristique des mares étudiées	69
IV.3 Interaction faune-flore dans les mares du Sétifois	69
IV.4 Action anthropique sur les mares	71
IV.5 Evolution diachronique des mares temporaires dans le Sétifois.....	73
IV.5.1 Évolution diachronique de la mare d'Oum Lamouadjène (commune d'Ain Abbassa).....	74
IV.5.2 Évolution diachronique des mares Chorfa (commune d'Ain ElKebira).....	76
IV.5.3 Évolution diachronique de la mare Zaatria (Djebel Megriss).....	77
IV.5.4 Évolution diachronique de la mare Dar Elhamra (commune de Djemila)	79
IV.5.5 Évolution diachronique de la mare Ghdir El Mrabta (commune de Béni Aziz)	80
IV.5.6 Mare artificielle Campus Maabouda « Université Ferhet Abbas »	81
IV.6 Les mares sensibles dans le Sétifois.....	82

IV.6.1 Critères écologiques.....	82
IV.6.2 Critères socio-économique	84
IV.6.3 Critères scientifiques	84
IV.6.4 État de conservation	85
IV.7.1 Cartes d'occupation du sol dans la région d'Ain Abbessa–Amoucha entre 2007 - 2025.....	89
IV.7.2 Cartes d'occupation du sol dans la région d'Ain El Khebira entre 2007 - 2025	90
IV.8 Indice NDWI	92
IV.8.1 Analyse diachronique de l'indice NDWI dans la région d'Ain Abbessa–Amoucha entre 2007- 2025	92
IV.8.2 Analyse diachronique de l'indice NDWI dans la région d'Ain ELKebira entre 2007- 2025.....	93
Chapitre V Enquête socio-économique	
V. Enquête socio-économique.....	96
V.1 Résultats.....	96
V.1.1 Profil de la population enquêtée.....	96
V.1.2 Perception des mares par la population	97
V.1.3 Usages des mares par la population locale.....	100
V.1.4 Menaces sur les mares.....	103
V.1.5 Perception des menaces par la population locale	104
V.1. 6 Perception des activités locales menaçant l'existence des mares	104
V.1. 7 Plantes médicinales.....	105
V.1.8 Résultats d'enquête des autorités locales sur les mares.....	108
V.2 Discussion.....	109
V.2.1 Perception mare-ressource	109
V.2.2 Perception « mare-nuisance »	110
V.2.3 Perception des mares par les autorités locales.....	110
Conclusion générale.....	115
Bibliographie.....	117
Annexes.....	134

Table des figures

Figure 1: Localisation et limite administrative de la wilaya de Sétif.....	31
Figure 2: Carte des altitudes dans la wilaya de Sétif.....	32
Figure 3: Carte des expositions du la wilaya de Sétif.....	33
Figure 4: Carte des pentes de la wilaya de Sétif	34
Figure 5: Carte pédologique de la wilaya de Sétif	35
Figure 6: Carte géologique de la wilaya de Sétif.....	37
Figure 7: Précipitations annuelles dans la wilaya de Sétif 1998-2022	38
Figure 8: Précipitation annuelles dans la wilaya de Sétif 1998-2022 avec tendance linéaire	39
Figure 9: Température minimale annuelle 1998-2022	40
Figure 10: Tendance des températures minimales annuelles 1998-2022	41
Figure 11: Température maximales annuelles 1998-2022	42
Figure 12: Tendances des températures maximales annuelles 1998-2022	43
Figure 13: Les températures mensuelles moyennes de la wilaya de Sétif 1998-2022.....	44
Figure 14: Evolution des températures annuelles de la wilaya de Sétif 1998-2022	45
Figure 15: Diagramme ombrothermique de la wilaya de Sétif 1998-2022.....	46
Figure 16: Climmagramme d'EMBERGER de la zone d'étude.....	48
Figure 17: Subdivisions phytogéographiques de l 'Afrique méditerranéenne et du Sahara (Quézel, 1978)	50
Figure 18: Secteurs phytogéographiques de l'Algérie du Nord d'après Quézel Et Santa (1962-1963).....	51
Figure 19: Nombre des mares par commune.....	60
Figure 20: (a) mare El Dar Elhamra –commune de Djemila- (b) ceinture mare El Dar Elhamra –commune de Djemila- (c) centre mare El Dar Elhamra –Commune de Djemila-	61
Figure 21: (a) mare Chaabet Diba -Commune de Tachouda- (b) Ceinture mare Chaabet Diba -Commune de Tachouda- (c) Centre mare Chaabet Diba -Commune de Tachouda	62
Figure 22: (a) Mare Sarfda -commune d'Ain El Kebira- (b) Ceinture et centre mare Sarfda -Commune d'Ain El Kebira-.....	63
Figure 23: Carte de localisation des mares dans le Sétifois	64
Figure 24: (a) <i>Elatine alsinastrum</i> L. (b) <i>Isoetes longissima</i> Bory & Durieu .	65
Figure 25: Spectre biologique global	67
Figure 26: Spectre Chorologique	68
Figure 27: Interaction faune-flore dans les mares temporaires du Sétifois	71
Figure 28: Passage des engins agricoles dans les mares : (a) mare Chaabet Diba (Commune de Tachouda) (b) mare Laamouer prêt de Djebel Megriss	73
Figure 29: Etat du complexe des mares au printemps 2007	74
Figure 30: Etat du complexe des mares au printemps 2016.....	74
Figure 31: Evolution diachronique de la mare Oum Lamouadjén commune d'Ain Abbassa 2010-2023	76
Figure 32: Évolution diachronique des mares El Chorfa (commune d'Ain ElKebira) 2010-2023.....	77
Figure 33: Évolution diachronique de la mare Zaatria (Djebel Megriss) 2010-2023.....	78
Figure 34: Captation de l'eau de la mare par un puit.....	79
Figure 35: Évolution diachronique de la mare Dar Elhamra (commune de Djemila) 2010-2023.....	80
Figure 36: Évolution diachronique de la mare Ghdar El Mrabta (Commune de Béni Aziz) 2010-2023	81
Figure 37: Evolution de l'occupation de sol dans les communes d'Ain Abbassa–Amoucha entre 2007-2025	90

Figure 38: Evolution de l'occupation de sol dans la commune d'Ain El Kebira entre 2007 -2025.....	91
Figure 39: Analyse diachronique de l'indice NDWI dans la région d'Ain Abbessa–Amoucha entre 2007- 2025	93
Figure 40: Analyse diachronique de l'indice NDWI dans la région d'Ain ELKebira entre 2007- 2025.....	94
Figure 41: L'âge de la population enquêtée	96
Figure 42: Le sexe de la population enquêtée	97
Figure 43: Le niveau scolaire de la population enquêtée	97
Figure 44: Localisation des mares.....	98
Figure 45: Types d'alimentation des mares	98
Figure 46: Superficie des mares	99
Figure 47: Profondeur des mares.....	99
Figure 48: Statut foncier des mares	100
Figure 49: Usages des mares.....	100
Figure 50: Charge pastorale sur les mares.....	101
Figure 51: Utilisation agricole des mares	101
Figure 52: Utilisation de la mare pour loisir -Mare Ain Lagredj- (Slimani ; 2018).....	102
Figure 53: Chasse des canards dans la mare Zaatria –Djebel Megriss-.....	103
Figure 54: Catégories de mares selon le niveau de menaces	104
Figure 55: Menaces par la population locale	104
Figure 56: Les activités qui menacent l'existence de la mare.....	105
Figure 57: Utilisation des plantes médicinales selon l'âge	106
Figure 58: Utilisation des plantes médicinales selon le niveau d'étude	106
Figure 59: Parties utilisées des plantes médicinales	107
Figure 60: Les maladies traitées par les plantes médicinales	108
Figure 61: Mode de préparation des plantes médicinales.....	108

Liste des tableaux

Tableau 1: Etages bioclimatiques selon EMBERGER (1952)	47
Tableau 2: Sous étages bioclimatiques	47
Tableau 3: Catégories des mares selon leur superficie	60
Tableau 4: Liste des espèces rares.....	66

Les abréviations

ANIREF: Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière.

MATE: Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

NDWI: Indice d'Eau par Différence Normalisée.

PNUD: Programme des Nations Unies pour le Développement.

WWF: Fonds Mondial pour la Nature.

USGS: United States Geological Survey

Ensemble méditerranéen

Cent.-Med	Centre méditerranéenne
Circum-méd.	Circumm.éditerranéenne
E.- Med.	Est méditerranéenne
Ibéro.-Maur.	Ibérromaurétanienne
Med.	Méditerranéenne
Oro.-Med.	Oro méditerranéenne
W. Med.	Ouest méditerranéenne
End.	Endémique
End. A. N.	Endémique nord- africaine
End. Alg.-Mar.	Endémique algéro-marocaine
End. Alg.-Tun.	Endémique algéro-tunisienne

Ensemble septentrionale

Eur.	Européenne
Euras.	Eurasiatique
Paléo- temp	Paléotempéré
Atl.	Atlantique
Circumbor.	Circumboréale
Euro.-Sib.	Eurosibérienne
Paléo.-bor.	Paléoboréale
W. Eur	Ouest européenne

Large répartition

Cosm.	Cosmopolite
Atl.-Med.	Atlantique méditerranéenne
Eur.-As	Euro asiatique
Eur.- Med.	Euro méditerranéenne
Euras.-Med.	Eurasiatique méditerranéenne
Macar.-Euras.	Macaronésienne eurasiatique
Macar.-Med	Macaronésienne méditerranéenne

Med-As.	Méditerranéenne asiatique
Med- Irano- Tour.	Méditerranéo irano touranienne
Med-Sah.-Sind	Méditerranéo saharo indienne

Autres

Paléo- subtrop.	Paléo subtropicale
-----------------	--------------------

Climat

Q ₂ .	Quotient pluviométrique
J.	Jour
M.	Température maximale du mois le plus chaud en degrés Kelvin
m.	Température minimale du mois le plus froid en degrés Kelvin
P.	Précipitation en millimètre
T.	Température
°C.	Degré Celsius

Appréciation d'Abondance et de rareté

AR	Assez rare.
R	Rare.
RR	Très rare.
RRR	Rarissime.

Introduction générale

Introduction générale

Les zones humides temporaires sont des milieux singuliers retrouvés dans les cinq régions présentant un climat méditerranéen (caractérisé par une longue période de sécheresse) (Grillas *et al.*, 2004) : le bassin méditerranéen de l'Europe du Sud, l'Afrique du Nord et du Sud, l'Amérique du Nord (Californie) (Bliss et Zedler, 1998 ; Pyke *et al.*, 2004 ; Barbour *et al.*, 2005) et du Sud (Chili) et l'Australie. Ces écosystèmes ni vraiment aquatiques et ni totalement terrestres, elles renferment des habitats très particuliers et spécifiques tels que les mares temporaires méditerranéennes (UE 3170) qui sont reconnues d'intérêt communautaire.

Ces habitats sont retrouvés dans des dépressions endoréiques, des cuvettes, des ornières, des ruisseaux temporaires ou encore des berges d'étangs et de marais (Bensettiti *et al.* (coord) 2002 ; Grillas *et al.*, 2004). Bien que certaines mares temporaires méditerranéennes soient insérées dans un système karstique et reliées aux eaux souterraines, ce sont principalement les eaux de pluie et de ruissellement qui approvisionnent ces habitats (Grillas *et al.*, 2004). Elles présentent des tailles, des formes et des profondeurs variables et leur histoire (usages, gestion, etc.) dépend des régions. Elles présentent des particularités physiques différentes (substrat, salinité, hydropériode, etc) mais possèdent des caractéristiques communes au niveau de leur écologie (Rhazi *et al.* 2001a ; Grillas *et al.*, 2004 et 2006, Zacharias, 2007) : elles sont similaires au niveau de leur fonctionnement et de leur dynamique et présentent des analogies dans leur composante végétale et animale.

Les mares temporaires méditerranéennes sont considérées parmi les habitats les plus intéressants de la région bioclimatique méditerranéenne (Médail *et al.*, 1998 ; Quézel, 1998 ; Paradis, 2007) et renferment des espèces, notamment végétales, qui sont souvent rares et/ou menacées.

L'assèchement est le facteur dominant de l'originalité biologique (richesse spécifique, diversification des stratégies adaptatives, forte production, grande capacité de résilience, etc.) de ces habitats. La biocénose, bien adaptée à l'alternance de phases sèches et inondées, possède une grande diversité spécifique et contribue de manière importante à la biodiversité à l'échelle du paysage (Bagella *et al.*, 2010a et 2012). Ce sont des habitats discrets et de tailles assez réduites ce qui les rend très vulnérables (Le Dantec, 1998). En raison de leur richesse floristique et de leur intérêt biogéographique, les zones humides du Nord-Est algérien ont toujours suscité l'attention des botanistes. Dans cette région, le Sétifois se distingue par la diversité de ses milieux humides, notamment les mares temporaires, qui abritent une biodiversité floristique et faunistique remarquable (Boulaacheb *et al.*, 2011). Toutefois, du fait de leur caractère éphémère et de leur faible superficie, ces écosystèmes fragiles et vulnérables

connaissent une régression rapide sous l'effet des pressions anthropiques et des changements climatiques.

Problématique et structuration de la thèse

Pourquoi ce choix d'étude des mares temporaires du Sétifois ?

Le choix de ce thème se fait pour de multiples raisons :

-D'abord la notion des mares temporaires est méconnue que ce soit par la population locale ou par les gestionnaires et les acteurs locaux. Du point de vue scientifique leur connaissance demeure encore insuffisante du fait que très peu d'études ont été réalisées sur ce thème et précisément dans notre zone d'étude.

-La deuxième raison que même négligée, les mares temporaires du Sétifois n'en sont pas moins intéressantes parce que ces biotopes symbolisent des caractères variables et multifonctionnels présentant une biodiversité floristique et faunistique remarquable. Dans cette optique, il est apparu d'étudier la végétation des mares temporaires et de faire un diagnostic pour l'évaluation de leur état actuel et leur usage en faisant ressortir celles les plus sensibles pour une stratégie de préservation.

-Troisième raison, au Sétifois les ressources naturelles (herbe et eau) de ces mares temporaires sont exploitées par la population locale et subissent différentes perturbations, naturelle (envahissement par les ligneux, assèchement dû aux changements climatiques, comblement) et d'origine anthropique (Comblement, Agriculture, drainage, pollution, urbanisation, pâturage). Le pâturage est l'usage le plus répandu, est souvent considéré comme cause majeure de perte de biodiversité de ces milieux. Ces perturbations peuvent avoir des effets importants sur les composantes biotique et abiotique de ces milieux humides.

-La quatrième raison c'est le manque voire l'absence des lois et des textes législatifs qui consistent à la protection de ces milieux fragiles, seule la loi relative à la protection de l'environnement dans le cadre de développement durable (loi n°= 03 -10 du Joumada El Aoula 1424 correspondant au 19 juillet 2003).

Toutes ces exploitations illégales et le manque des textes réglementaire qui protège ces habitats, donc il apparaît indispensable à la mise en œuvre d'une politique de préservation concertée de ces petites zones humides et il est nécessaire de sensibiliser le public à ces milieux fragiles.

Les objectifs

Dans le cadre de ce travail, nous avons voulu atteindre les objectifs suivants :

Un contexte scientifique

-Faire une mise à jour des rares travaux qui ont été réalisés sur la végétation et la cartographie des mares temporaires au niveau du Sétifois, en complétant les données relatives aux inventaires.

-Etudier les interactions faune -flore et l'action anthropique dans les mares.

-Suivre l'évolution diachronique des mares et déterminer les mares sensibles.

-Etudier l'évolution d'occupation du sol des mares et faire une analyse NDWI pour montrer l'effet du changement climatique sur ces milieux.

Un contexte social

Réaliser un diagnostic socio-économique pour montrer la perception de la population locale envers ces milieux.

Un contexte de protection

Mettre en place une stratégie de préservation à court et long terme.

Pour ce faire, cette thèse se structure en cinq chapitres :

-Le premier chapitre, bibliographique, résume des généralités sur les mares temporaires.

-Le deuxième chapitre, est consacré pour le milieu physique et le cadre climatique et biogéographique de la zone d'étude.

-Le troisième chapitre, traite le matériel utilisé et la méthodologie adoptée pour effectuer ce travail.

-Le quatrième chapitre, présente les résultats et la discussion de l'analyse typologique, floristique et cartographique des mares temporaires inventoriées.

-Le cinquième chapitre, aborde l'enquête socio-économique réalisée auprès de la population.

-Finalement, la conclusion proposera des mesures et stratégies visant à assurer la préservation de ces mares.

Chapitre I

Généralités sur les mares temporaires

I.1 Définitions

On nomme « mares temporaires méditerranéennes » des écosystèmes occupant, dans la région méditerranéenne, des biotopes périodiquement inondés et composés de groupements végétaux bas, géophytiques et thérophytiques et de zoocoenoses à petits invertébrés (cladocères principalement). Les biotopes de ces mares sont des dépressions endoréiques, de superficie et de profondeur variables, inondées de la fin de l'automne à la fin du printemps par de l'eau douce oligotrophe (parfois mésotrophe) et s'asséchant très fortement à partir de la fin du printemps. Les étangs saumâtres littoraux qui s'assèchent au cours de l'été ainsi que les bordures périodiquement inondées, à substrat eutrophe, des étangs et des marais ne font pas partie des « mares temporaires méditerranéennes ». Au niveau européen, l'habitat « mares temporaires méditerranéennes » est un habitat prioritaire (code Nature 2000:3170; note1, p53).

Une autre définition plus communément admise est donnée dans la convention *Ramsar* : Les mares temporaires sont des zones humides de petite taille (habituellement < 10 ha) et peu profondes caractérisées par des alternances de phases sèches et inondées et par un fonctionnement hydrologique très autonome. Elles occupent des dépressions, souvent endoréiques, submergées pendant des intervalles de temps suffisamment longs pour permettre le développement de sols hydromorphes, d'une végétation aquatique ou amphibie et de communautés animales spécifiques. Cependant, et de façon toute aussi importante, elles s'assèchent assez longtemps pour exclure les communautés plus banales de faune et de flore, caractéristiques des zones humides plus permanentes.

L'apport d'eau des mares provient essentiellement des précipitations, du ruissellement interne à leur bassin versant habituellement réduit et éventuellement de remontées de la nappe phréatique. Les mares temporaires peuvent jouer un rôle important dans la recharge des nappes phréatiques dans les régions karstiques, à climat aride ou semi-aride. Les mares temporaires se rencontrent dans de nombreuses régions du monde, mais sont particulièrement bien représentées dans les régions de type karstique, aride, semi-aride et méditerranéen.

Une "zone humide temporaire" est un milieu caractérisé par des alternances de phases inondées et exondées, quelles que soient la durée et la fréquence de ces phases. Une grande diversité de zones humides répond à cette définition : bordures fluctuantes des plans d'eau permanents (lacs, lagunes, étangs, etc.), mares et ruisseaux temporaires, plaines. Leur distribution est principalement fonction des caractéristiques climatiques (bilan précipitation/évaporation), et dans une moindre mesure, de la géomorphologie du site et de son bassin versant. Elles se rencontrent majoritairement dans les régions connaissant une alternance marquée de saisons sèches et humides, c'est-à-dire sous les climats tropicaux, méditerranéens,

arides et semi-arides (Anonyme, 2002 ; Boulton, A. J. & M. A. Brock, 1999). Dans le Bassin méditerranéen, la quasi-totalité des pays et de leurs îles abrite des mares temporaires.

Sur le plan floristique, les mares temporaires oligotrophes sont considérées comme des écosystèmes d'un intérêt biologique et biogéographique majeur. Elles constituent un habitat à la fois unique et remarquable, mais également très vulnérable (Quézel, 1998 ; Grillas et *al.*, 2004). Décrites par Braun-Blanquet (1936) comme de véritables joyaux floristiques dans les cinq régions du monde à climat méditerranéen, ces mares présentent une composition végétale similaire, voire comparable, centrée sur divers cryptogames vasculaires. Parmi ceux-ci, les genres *Isoetes*, *Marsilea* et *Pilularia* occupent une place centrale. A leur côté, existent des végétaux strictement dépendants de la submersion comme les Callitriche ou les diverses renoncules aquatiques.

Ces ensembles floristiques déterminants ; sont essentiellement répartis en Méditerranée occidentale: Espagne (Rivas-Goday, 1970) ; Baléares (Llorens, 1979) ; Portugal (Jansen & Menezes De Sequeira, 1999) ; Maroc (Boutin et *al.*, 1982 ; Metge, 1986 ; Rhazi, 2001 ; Rhazi et *al.*, 2001a, b ; Rhazi et *al.*, 2004); Algérie (Chevassut & Quézel, 1956; Chevassut & Quézel, 1958; de Bélair, 2005); Tunisie (Pottier-Alapetite, 1952 ; Daoud-Bouattour et *al.*, 2009 Ferchichi Bou-Jmaa et *al.*, 2014); sud de la France (Médail et *al.*, 1998); Corse (Lorenzoni & Paradis, 2000 ; Médail et *al.*, 1998 ; Paradis et *al.*, 2002); Sardaigne (Mossa, 1986) et Sicile (Brullo & Grillo, 1976 ; Marceno & Trapani, 1976). Des formations végétales structurellement voisines ont aussi été signalées en Libye (Brullo & Furnari, 1994); en Grèce continentale et sur certaines îles de la mer Egée (Bergmeier & Raus, 1999 ; Bergmeier, 2001; Economidou, 1996) et de façon encore plus sporadique en Turquie (Kürschner & Parolly, 1999) où il existe pourtant des secteurs intéressants mais méconnus avec la remarquable redécouverte de *Pilularia minuta* dans la région d'Izmir (Grillas et *al.*, 2004).

La plupart des classifications relatives aux zones humides temporaires sont fondées sur le caractère prévisible ou non de la mise en eau et sur sa durée. Les mares temporaires sont connues sous diverses appellations dans le monde : dayas au Maroc (ne pas confondre avec dayet, lac permanent), turloughs en Irlande (mares dont les niveaux d'eau varient avec les marées), polje (cuvette d'effondrement karstique) en Slovénie, potholes ou vernal pools en Amérique du Nord, vleis en Afrique du sud, padule en Corse. En Algérie, plusieurs appellations sont attribuées aux mares temporaires. On trouve notamment la dénomination « Agoulmime » (Maire, 1952-1987), terme berbère utilisée dans les régions de Kabylie, ainsi que l'appellation « Majen » utilisée également dans certaines régions de l'Est algérien, notamment à Sétif (Boulaacheb et *al.*, 2007).

Chacune de ces appellations recouvre des particularités hydrologiques, morphologiques, géographiques et culturelles différentes. Malgré la grande diversité des conditions environnementales auxquelles ils sont soumis, certains groupes d'organismes (des plantes, les crustacés ostracodes ou branchiopodes, des amphibiens, etc.) en sont caractéristiques sur tout le globe (Grillas *et al.*, 2004).

I.2 Typologies des mares temporaires

Plusieurs typologies (classifications) des mares temporaires existent. Elles diffèrent par la priorité relative donnée aux différents critères de classification: durée, fréquence d'inondation, origine, substrat, fonctionnement hydrologique, physique et chimie des eaux. La typologie CORINE Biotope (Bissardon *et al.* 1997) constitue, par exemple, un système de classification des habitats dans l'Union européenne, défini sur la base de la classification phytosociologique des communautés végétales. En Méditerranée, ces milieux présentent deux caractéristiques communes :

La mise en eau presque toujours consécutive à des précipitations pluvieuses, la plupart du temps en automne et au printemps et une période obligatoire d'assèchement, variable en durée mais souvent longue de plusieurs mois.

Dans la typologie générale des zones humides, les mares temporaires méditerranéennes sont rattachées aux zones humides temporaires saisonnières, c'est-à-dire à régime d'inondation prévisible. L'assèchement, considéré, il y a peu de temps encore, comme un « accident terrible » pour les biocénoses de ces habitats, s'est révélé, au contraire, être le facteur dominant de leur originalité biologique (richesse, diversification des stratégies adaptatives, forte production, résilience, etc.).

Ces habitats présentent de grandes variabilités inter et intra-annuelles ce qui explique l'alternance annuelle de différents groupements végétaux dans une même mare (Paradis, 2007). Une zone humide temporaire méditerranéenne peut comporter l'habitat mare temporaire méditerranéenne sur une partie seulement, petite ou grande, de sa surface. De par la variabilité interannuelle du climat méditerranéen, les groupements végétaux présentent une distribution spatiale également variable, au sein de la mare, d'une année à l'autre. Ces éléments rendent la détermination des habitats, par le non spécialiste, souvent difficile (Afin d'aider à l'identification de ces habitats, Grillas *et al.*, (2004) ont proposé une typologie des mares temporaires méditerranéennes). Dans les Cahiers d'Habitats Humides, il est décliné en quatre habitats élémentaires qui sont différenciés par leurs caractéristiques hydrologiques (hydropériode, profondeur, chimie de l'eau), leur type de substrat (calcaire, siliceux, basaltique) et leurs communautés végétales.

Ces quatre habitats élémentaires sont cités ci-après :

- Mares temporaires méditerranéennes à *Isoetes* (*Isoetion*) (3170-1*),
- Gazons méditerranéens amphibies longuement inondés (*Preslion*) (3170-2*),
- Gazons méditerranéens amphibies halonitrophiles (*Helechloion*) (3170-3*),
- Gazons amphibies annuels méditerranéens (*Nanocyperetalia*) (3170-4*).

I.3 Diversité des mares temporaires méditerranéennes

On distingue différents types de mares temporaires méditerranéennes en fonction de leur origine, du substrat sur lequel elles sont installées, de leur morphologie et de leur formation. Des substrats très différents leur confèrent des caractéristiques physicochimiques spécifiques. Elles peuvent être présentes sur des roches basiques (calcaires, etc.) ou acides (granite, rhyolite, etc.) et sur des roches compactes ou des substrats plus ou moins filtrants. Elles peuvent être perchées sur des barres rocheuses ou situées dans des plaines littorales. Une partie de ces mares est d'origine naturelle, en relation avec divers processus géomorphologiques (Yavercovski et *al.*, 2004).

Cependant, dans certaines régions, les mares d'origine artificielle, construites pour des usages particuliers (abreuvoirs pour les troupeaux, etc.) ou résultant indirectement des activités humaines (extraction de matériaux, etc.), sont nombreuses.

I. 3.1 Mares d'origine naturelle

Les processus naturels à l'origine des mares sont essentiellement l'érosion et le colmatage. L'érosion peut résulter de l'action physico-chimique de l'eau (dissolution des calcaires pour certaines mares cupulaires ou les poljés, avec exportation de sédiments), de l'action du vent (exportation de sédiments fins), 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 (Boutin et *al.*, 1982 ; Metge, 1986 ; Thiéry, 1987).

● Mares cupulaires

Ces mares de petite taille (quelques décimètres carrés à quelques mètres carrés) et de bassin versant très réduit, sont creusées par l'érosion dans des blocs de roche dure ou des dalles rocheuses. Leur alimentation en eau est exclusivement pluviale. La dessiccation de leurs sédiments est extrême en phase sèche. Ces cupules se caractérisent par une faible épaisseur de sol et par une végétation discrète, associant des espèces de petite taille souvent rares. On les trouve, par exemple, au Maroc sur les dalles calcaires de la Chaouia (Thiéry, 1987), à Malte sur les dalles calcaires de Kamenitzas (Axiak et *al.*, 1999 ; Lanfranco, 1995), dans l'île Capraia en Italie (Mura et *al.*, 1985), et en France sur les dalles de rhyolithe dans le Var (Esterel), sur calcaire dans les Bouches-du-Rhône (Lamanon) ou sur affleurements granitiques en Corse.

- **Poljés et dolines**

Mares liées à la dynamique fluviale (mais déconnectées du cours d'eau) Près du lit majeur des cours d'eau, ces faibles dépressions, de dénivelé inférieur à 1 m, peuvent être mises en eau par les précipitations, et/ou, selon les cas, par les fluctuations de la nappe souterraine. Sources d'une grande richesse floristique et faunistique. On les trouve par exemple en France, en Provence (Centre Var), en Languedoc (lac des Rives sur le Causse du Larzac ou mare de Valliguières dans le Gard), en Corse (sur le calcaire de Bonifacio : mares de Padulu et de Musella), en Slovénie (d'où vient leur nom) et au Maroc, dans le Moyen Atlas (causse d'Ain Leu, Azrou, etc.) et dans les plaines de l'ouest, au sud de la Province de Benslimane (Rhazi, 1990).

- **Mares de légères dépressions topographiques**

Ces mares sont installées sur des substrats peu perméables, argilolimoneux, le plus souvent sans lien phréatique avec la nappe, même peu profonde. En Corse, les Tre Padule illustrent ce type de mares (Paradis, 2005).

- **Mares de barrages dunaires**

Ces mares occupent des sillons interdunaires de dunes actives ou fossiles. Elles sont bien développées sur le littoral marocain (Province de Benslimane), où des dunes consolidées sont disposées perpendiculairement à la pente générale des plateaux et constituent des obstacles à l'écoulement des cours d'eau (Destombes et *al*, 1966 ; Rhazi, 2001).

I.3.2 Mares d'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. Parmi la diversité des formes existantes, on peut retenir :

- **Lavognes des Causses (Sud de la France)**

Ces abreuvoirs à moutons constituent de petites dépressions circulaires à fond naturel, empierré ou bétonné. Leur durée de mise en eau est très variable selon les sites. Elles peuvent constituer des milieux très importants dans ces régions dépourvues de points d'eau naturels (Grillas et *al*, 2004).

- **Excavations de roches**

Des mares temporaires occupent, aujourd'hui, les trous formés dans les anciennes carrières par l'excavation de différents matériaux rocheux. En France, les bassins sur les pics rocheux calcaires au nord de l'étang de Berre et la Réserve Naturelle de RoqueHaute avec 205 mares résultant principalement de l'extraction du basalte (Crochet, 1998), en constituent des exemples.

- **Retenues d'eau**

Certaines mares sont issues de petites retenues d'eau servant à l'irrigation (mare de Catchéou dans le Var, mares des douars au Maroc, etc.) ou à la lutte contre l'incendie (plaine des Maures). En Corse, dans la plaine orientale, pour favoriser l'arboriculture ainsi que l'élevage ovin et bovin, de vastes barrages, presque complètement asséchés de mai à septembre, ont été implantés dans les vallées et les bas-fonds. Celui de Teppe Rosse, près d'Aléria, est le plus intéressant du point de vue de la biodiversité végétale. Ses rives en pentes douces favorisent l'implantation d'espèces estivales rares en Corse (*Gratiola officinalis*, *Pulicaria vulgaris*, etc.) à mesure que l'eau est prélevée pour l'irrigation (Paradis et *al*, 1994).

- **Bassins déversoirs d'orage et bassins antipollution créés en bordure d'autoroutes**

Ces techno-milieus, à vocation de protection contre les inondations et la pollution, s'avèrent être de vrais pôles de biodiversité, tant pour la végétation que pour la faune (invertébrés et amphibiens (Scher, Thiéry, 2002 ; Scher, Thiéry, 2003). Leur substrat peut être naturel ou formé de bâches géotextiles avec une couche sédimentaire très fine. Ces biotopes sont de bons modèles pour analyser les impacts des polluants (métaux, hydrocarbures, etc.) sur le vivant (Jean et *al*, 2003).

I.4 Richesse et diversité végétale des mares temporaires méditerranéennes

Sur le plan de la flore et de la végétation, les mares temporaires d'eau douce sont classées parmi les écosystèmes de plus grand intérêt biologique et biogéographique en région méditerranéenne (Médail et *al*, 1999). Les mares temporaires méditerranéennes abritent des communautés végétales d'une grande richesse en espèces rares ou menacées. Cette biodiversité élevée s'explique par les caractéristiques fonctionnelles et la dynamique de ces systèmes. Les conditions de non-équilibre et la faible productivité autorisent la coexistence de végétaux le plus souvent annuels, peu compétiteurs et de petite taille. Cependant, il existe une grande hétérogénéité spatio-temporelle de cette richesse et de la composition floristique qui dépendent étroitement des différences de dates de mise en eau (Bliss et *al*, 1998).

La relation généralement positive entre le nombre d'espèces et la surface, représente l'une des plus anciennes lois en écologie et en biogéographie. Cette relation a été vérifiée pour un ensemble de mares médio-européennes (Oertli et *al*, 2002), mais pas pour des dayas nord-marocaines (Rhazi, 2001). Par ailleurs, les mares temporaires sont généralement plus grande en Afrique du Nord qu'en Europe (Chevassut et *al*, 1956) : une mare à *Isoetes velata* d'un kilomètre de long sur une centaine de mètres de largeur a été recensée en Tunisie par exemple. Il est aussi classiquement admis, qu'à conditions écologiques similaires, les mares temporaires d'Afrique du

Nord ont une richesse floristique supérieure à celles d'Europe. Un ensemble de mares de petite taille comporte aussi plus d'espèces et a une plus forte valeur patrimoniale qu'une seule grande mare de surface équivalente (Oertli et *al*, 2002). Bien entendu, une stratégie de conservation ne doit pas négliger les plus grandes mares pour autant car les risques d'extinction des populations locales sont d'autant plus réduits que les habitats les abritant sont étendus.

I.5 Structure et fonctionnement

Le fonctionnement hydrologique des mares, avec les différentes variables telles que la hauteur d'eau, la durée d'inondation, les dates de mise en eau et d'assèchement, est le facteur essentiel qui détermine la répartition et le fonctionnement de la végétation (Grillas et *al*, 2008).

I.5.1 Régime hydrologique et la composition de la végétation

La date de mise en eau combine les effets de plusieurs variables comme la température, l'irradiation solaire et la durée du jour. En expérimentation en nature, Grillas et Battedou ; 1998 montrent que la date de mise en eau est un facteur décisif pour le développement des communautés d'annuelles aquatiques et qu'elle détermine leur composition spécifique. La mise en eau précoce (septembre) conduit à la mise en place de communautés riches en espèces. Inversement une mise en eau tardive (mars) aboutit à une réduction du nombre d'espèces et à la dominance d'espèces opportunistes (*Zannichellia* spp.).

Bliss et Zedler., (1998), en expérimentant trois dates de mise en eau (février, mars et avril) sur des mares temporaires de Californie (vernal pools), constatent une diminution de 52 % de la richesse spécifique pour une mise en eau tardive, en avril, par rapport à une mise en eau précoce, en février. Avec une mise en eau précoce, la végétation est riche en espèces caractéristiques des mares temporaires. A l'inverse, lors d'une mise en eau tardive la végétation se banalise par l'augmentation des espèces plus généralistes (*Lythrum hyssopifolium*, *Crassula aquatica*, etc.). Pour ces auteurs, le cortège caractéristique des mares temporaires serait protégé contre des germinations "hors saison" par un verrouillage lié à une augmentation des températures (Gauthier et *al*., 2004).

I.5.2 Stratégies de survie liées à l'alternance hydrologique

La variabilité des conditions environnementales favorise les espèces annuelles à cycle court, adaptées à l'une ou l'autre des phases du milieu (sèche ou en eau), ou encore à la période de transition (espèces amphibies). Les annuelles représentent environ 80 % des espèces caractéristiques des milieux humides temporaires (Médail et *al*, 1998). Chez les espèces annuelles une grande partie des ressources est investie dans la production de graines et de spores (reproduction sexuée) leur permettant de surmonter la période défavorable. De plus, elles présentent une certaine flexibilité dans l'accomplissement de leur cycle biologique. Leur

floraison est avancée ou retardée selon que les précipitations sont précoces ou tardives (Barbero et al, 1982).

Malgré la dominance des annuelles, les plantes vivaces existent dans les mares temporaires où elles peuvent trouver leur habitat préférentiel. Parmi ces espèces, les *Isoetes* présentent des adaptations leur donnant une grande plasticité à l'irrégularité de l'alternance des phases sèches et inondées. Elles sont d'ordre physiologique, comme la capacité à faire de la photosynthèse en conditions exondées ou inondées, ou la grande tolérance du bulbe à la dessiccation. Le cycle de vie peut aussi être raccourci comme, par exemple, chez *Isoetes velata*, qui, dans les conditions extrêmes des mares cupulaires à la Colle du Rouet (Var, France), présente un cycle annuel (Poirion et al, 1965). Ces populations ne sont alors viables que parce que l'espèce peut produire des spores dès sa première année de vie, on parle d'une espèce annuelle facultative.

Des plantes vivaces moins spécialisées et plus tolérantes aux phases aquatiques et terrestres, sont aussi rencontrées dans les mares. Elles peuvent correspondre à des espèces amphibies dans des conditions d'inondation longues (*Scirpus maritimus*, *Heleocharis palustris*) où un assèchement peu poussé permet la survie des rhizomes et des bulbes. Des espèces vivaces terrestres opportunistes s'installent également transitoirement dans les mares temporaires, à la faveur d'années sèches, dans les zones exondées. Ce sont, par exemple, des graminées comme *Dactylis hispanica*, *Holcus lanatus* ou *Agropyrum campestre* dans les Maures. On y rencontre aussi des ligneux présents dans les écosystèmes limitrophes, comme des cistes. Ces espèces connaissent des fluctuations d'abondance très importantes : elles prolifèrent à la faveur de séries d'années sèches et sont anéanties lorsqu'une inondation survient. Enfin certaines espèces terrestres supportent bien l'inondation hivernale et sont rencontrées fréquemment dans les mares temporaires sans en être spécialistes (par exemple *Dittrichia viscosa* et *Cynodon dactylon*).

I.6 Zonation

Les gradients topographiques dans les mares correspondent à des gradients de durée et de profondeur d'inondation (Lorenzoni et Paradis, 2000). La végétation s'organise, au sein des mares, principalement le long de ces gradients. Chaque zone est colonisée majoritairement par des espèces présentant des caractéristiques écologiques particulières : elles doivent être tolérantes à une immersion longue dans la zone centrale, et résister à la sécheresse prononcée dans la zone périphérique. Dans la zone intermédiaire les stress inondation et sécheresse ne sont pas très intenses mais la compétition entre espèces y est souvent plus forte. Les ceintures de végétation correspondant aux zones se caractérisent généralement par une richesse spécifique décroissante de l'extérieur vers le centre de la mare.

La zonation est plus ou moins marquée selon les sites en fonction des gradients topographiques. Elle suit rarement un schéma très strict et varie non seulement en fonction des caractéristiques topographiques et hydrologiques du site mais aussi avec des perturbations aléatoires. De plus, la zonation est localement modifiée par le caractère colonial de certaines espèces (les tapis de joncs vivaces, par exemple).

Les limites de chaque zone et leur composition spécifique sont variables entre années. Elles pourront se déplacer vers l'intérieur ou l'extérieur de la mare selon que l'année sera très sèche ou très humide. L'abondance relative des vivaces et des annuelles dans ces ceintures varie aussi avec les niveaux d'inondations : une succession d'années sèches entraînera l'augmentation progressive des terrestres et des vivaces, particulièrement dans la ceinture externe de végétation (Rhazi et al., 2001).

Certaines mares temporaires méditerranéennes peu abîmées montrent une zonation avec diverses ceintures de végétation. Par exemple, les trois petites mares de la réserve des Tre Padule de Suartone, montrent de l'extérieur vers le centre :

- Une ceinture de maquis, principalement à myrte (*Myrtus communis*), bruyère à balai (*Erica scoparia*) et genévrier de Phénicie (*Juniperus turbinata*), isolant la mare de l'extérieur, c'est-à-dire du maquis bas colonisant les rochers et qui constitue la limite protectrice de cet écosystème.
- Des ceintures de végétation vivace basse, à choin (*Schoenus nigricans*) et à *Eleocharis* de diverses espèces, en mosaïque avec des groupements à thérophytes.
- Un plan d'eau (jusqu'en mai ou juin-juillet, suivant les années).

I.6.1 Groupement végétaux des mares temporaires

Un groupement est un ensemble d'espèces dont la réunion est sous la dépendance directe des conditions du milieu. En effet, divers groupements se succèdent dans le temps dans une même mare en relation avec les gradients environnementaux; également au sein de la même mare, avec la variabilité interannuelle du climat méditerranéen, les groupements végétaux ont une distribution spatiale variable, d'une année à l'autre (Rhazi et al., 2001a ; Rhazi et al., 2006). Cette succession cyclique est une des caractéristiques des milieux subissant des périodes d'inondation suivies des périodes d'assèchement (Chevassut, 1956; Chevassut & Quézel, 1956). Il arrive même que certains groupements de l'habitat prioritaire n'émergent pas certaines années.

Ces éléments rendent la détermination des habitats, au sens de la "Directive Habitats" (d'intérêt communautaire ou prioritaires) par le non spécialiste, souvent difficile (Grillas et al., 2004). La microtopographie et la variabilité du régime hydrique déterminent l'agencement et la composition floristique des phytocénoses qui connaissent de grandes variations spatio-temporelles.

L'alternance des phases inondée et asséchée peut être interprétée soit comme deux écosystèmes différents dans le temps, soit comme deux écophases successives d'un écosystème unique. Cette alternance engendre en cours d'année, dans la même mare, de divers groupements.

- **Groupements hydrophytiques, à espèces flottantes**

Ils sont bien développés à la fin de l'hiver et au printemps, quand les mares sont totalement inondées; les principaux groupements flottants sont: Le groupement à *Myriophyllum alterniflorum*: En région circum-méditerranéenne; Quézel (1998) et Grillas et *al.*, (2004) ont mis en exergue ce groupement et les espèces qui le composent, y compris certaines *Characeae*, *Callitriche truncata*, *Ceratophyllum demersum*, *Elatine alsinastrum*, *E. brochoni*, *Illecebrum verticillatum*, *Cicendia filiformis*, *Exaculum pusillum* considérées comme rares en Algérie. D'autres espèces, connues sur tout le pourtour de la Méditerranée, appartiennent également à ce groupement, comme *Apium crassipes*, *Ranunculus sceleratus*, considérées comme rares en Algérie ou communes le cas de : *R. ophioglossifolius*, *Baldellia ranunculoides*, *Glyceria fluitans* (De Bélair, 2005).

- **Groupements hygrophytiques, à espèces amphibies, géophytiques et thérophytiques**

Ces groupements, où dominant des géophytes naines (*Isoète*, *Littorella*) sont bien développés quand les mares sont moins inondées ou viennent de s'assécher, mais dont le substrat est très engorgé. Cela se produit en moyenne dans la deuxième partie du printemps. Les mares à *Isoetes* en région circum-méditerranéenne, constituent en fait un ensemble hétérogène du point de vue floristique et phytosociologique. Les portions centrales des mares, inondées durant plusieurs mois (7-8 mois en général), sont occupées par les formations à *Isoetes* amphibies (*I. velata*, *I. setacea*, *I. olympica*) alors que les marges humides, mais aussi certains bas-fonds, ravins, sont colonisés par les *Isoetes* exondés (*I. durieui* et *I. histrix*) (Quézel, 1998). Les principales associations méditerranéennes françaises rattachées à l'*Isoetion* : « Communautés amphibies à *Isoetes durieui* et *I. histrix*, (*Isoetetum durieui* Br.-Bl. (1931) 1935) » ; « Communautés immergées à *Isoetes setacea* et *I. velata* (*Isoetetum setaceae* Br.-Bl. 1931) » ; « Autres groupements non dominés par les *Isoetes* (*Elatinetum macropodae* Br.-Bl. (1931) 1935) » (Quézel, 1998). Pour l'Algérie (El-Kala) les associations rattachées à l'*Isoetion* sont : « *Isoeto-Juncetum pygmaei* (*Isoetion* Br.-Bl. 1931) » (Géhu et *al.*, 1993).

- **Groupements méso-hygrophiles surtout thérophytiques, se développant lorsque le substrat s'assèche**

Ces groupements sont bien représentés en bordure des mares temporaires les années très pluvieuses et dans les mares asséchées, les années où la phase d'inondation a été de courte durée. Les principales espèces constitutives sont *Myosotis sicula*, *Ranunculus revelierei* et *Cicendia filiformis* puis, un peu plus tard, *Agrostis pourretii*.

- **Végétation estivale sur le substrat très asséché**

A la fin du printemps et au cours de l'été, sur le substrat très sec du fond des milieux temporaires, croissent de rares thérophytes (*Exaculum pusillum*, *Pulicaria sicula*,) et des vivaces (*Mentha pulegium*, *Cynodon dactylon*). A la fin de l'été et au début de l'automne, le substrat asséché de plusieurs mares présente le petit narcisse. De Bélair, (2005), précise que lorsque l'hyropériode est courte, certaines espèces végétales ne s'expriment pas, particulièrement en fin de cycle qui est brutalement interrompu par la période estivale.

La prédominance des thérophytes au sein des formations de l'*Isoetion* est bien connue (Braun-Blanquet, 1936; Barbéro et al., 1982), elle exprime une adaptation à des conditions environnementales particulièrement drastiques (Bliss & Zedler, 1998). Les dates d'inondation et les variations intra- et inter annuelles des hauteurs d'eau conduisent à la sélection d'espèces à cycles court (éphémérophytes), qui investissent dans la reproduction sexuée au détriment de leur développement végétatif (Quézel, 1998).

1.6.2 Espèces rares ou menacées

Il existe plusieurs façons d'être rare. Pour les habitats très spécifiques comme les mares temporaires, la rareté des espèces sera plus particulièrement liée à celle de leur habitat (rareté de distribution plus que de nombre). *Isoetes setacea*, par exemple, colonise des sites peu nombreux et épars, mais souvent en grands effectifs (Rhazi et al, 2004). On trouve toutefois, dans les mares temporaires, des espèces rares en effectifs réduits (par exemple *Marsilea* à RoqueHaute) qui, outre le peu de sites potentiels, doivent faire face à des problèmes démographiques et génétiques liés au nombre restreint d'individus. Les espèces rares ou menacées présentent souvent une diversité génétique faible ou nulle qui résulte généralement du passage des populations par des goulots d'étranglement limitant la diversité intra-population et de l'absence de flux de gènes entre populations résiduelles. On considère généralement qu'une espèce spécialiste, très adaptée à un milieu particulier, est plus vulnérable qu'une espèce généraliste. Cependant, la raréfaction de ce milieu favorable (isolement) sélectionne les gènes induisant une moindre capacité de dispersion, ce qui, en retour, a de fortes chances de favoriser une bonne adaptation locale (Gauthier, 2004).

I.6.3 Endémisme végétal des mares temporaires méditerranéennes

Contrairement aux mares de Californie décrites par (Stebbins & Major, 1965; Zedler, 1990; Spencer & Rieseberg, 1998), les mares temporaires du Bassin méditerranéen se caractérisent par un endémisme végétal plutôt réduit (soit 17,5 % de la liste globale des végétaux caractéristiques des mares). Seules quelques espèces endémiques existent, par exemple, *Eryngium atlanticum* au Maroc, *Isoetes heldreichii* en Grèce, *Ranunculus revelieri* (Corse et Provence), *Marsilea batardae* et *Ranunculus longipes* (Péninsule ibérique), *Solenopsis bicolor* (Batt.) Greuter & Burdet (Algérie et Tunisie), *Artemisia molinieri* (Provence) (Grillas & al. 2004).

I.7 Faune des mares temporaires d'Algérie et du Maghreb

En Algérie, les mares temporaires sont les hydrosystèmes les plus communs et les plus caractéristiques. Parmi les taxons les plus représentatifs de ces milieux, les Copépodes calanoïdes (microcrustacés appartenant traditionnellement au zooplancton) (Samraoui et al., 2002). Citons comme exemple les espèces endémiques en Afrique du Nord ou de distribution restreinte autour du Bassin méditerranéen comme *Copidodiaptomus numidicus* ou *Hemidiaptomus gurneyii*. Certains calanoïdes sont rares comme *Diaptomus cyaneus* ou liés aux mares saumâtres ou salées comme *Arctodiaptomus salinus* et *Arctodiaptomus wierzejskii*. Au Maghreb, de nombreuses espèces de puces d'eau (autres microcrustacés) du genre *Daphnia* pullulent uniquement au sein des mares temporaires (Thiéry, 1987).

Parmi les insectes aquatiques, beaucoup d'espèces ont développé des stratégies de survie et de reproduction (migration, diapause embryonnaire, etc.) adaptées à la longue période d'exondation de leur biotope. Ainsi, les libellules *Aeshna mixta*, *Sympetrum meridionale* et *Sympetrum striolatum*, émigrent vers les forêts de haute montagne pour estiver durant de long mois. En automne, elles quittent leur refuge pour redescendre et se reproduire (Samraoui et al., 1998). Les Zygoptères (demoiselles) *Lestes barbarus* et *Lestes viridis* estivent, quant à elles, au milieu des aulnaies où le microclimat ambiant évite leur dessiccation. Cette maturation sexuelle prolongée (3-4 mois) évite à de nombreuses espèces de se reproduire à un moment défavorable (Samraoui & Corbet, 2000).

Les amphibiens sont également adaptés aux vicissitudes du climat méditerranéen (reproduction précoce pour les taxons à développement lent et pontes tardives pour ceux à développement rapide). Le Triton de Poiret, *Pleurodeles poireti*, espèce endémique de l'Algérie et de la Tunisie, est inféodé aux mares temporaires dulçaquicoles (Veith et al., 2004), où les amphibiens rencontrent généralement moins de prédateurs malgré la présence fréquente de l'Aigrette garzette, *Egretta garzetta*, qui se nourrit préférentiellement dans ces milieux (Samraoui & Dumont, 2002).

I.7.1 Stratégies de résistance des invertébrés à l'assèchement

Pour une espèce aquatique, vivre dans une mare temporaire c'est répondre ou s'adapter à la disparition de son milieu de vie. La plupart des insectes migrent pour quitter un biotope devenu inhospitalier ou pour coloniser un nouveau biotope. Cependant, une part importante des invertébrés aquatiques ont développé des stratégies adaptatives, parmi lesquelles la production de formes (écophases) résistantes est l'une des plus remarquables. Ces organismes sont qualifiés de résidents, par opposition aux migrants. De nombreux groupes taxonomiques résidents peuvent coloniser les mares temporaires comme les Spongiaires (*Spongilla*), Cnidaires (hydres), Plathelminthes (Rhabdocoeles du genre *Mesostoma*), Nématodes, Annélides Oligochètes Naididae et Tubificidae, Rotifères, Bryozoaires Plumatellidae, crustacés Branchiopodes, Cladocères, Ostracodes, et Copépodes Cyclopoïdes, Calanoïdes et Harpacticoïdes (Thiéry, 1979).

On distingue différents modes de résistance :

Type 1 : les œufs de résistance en diapause se rencontrent chez les crustacés Branchiopodes, Ostracodes et Copépodes, les éphippies chez les Cladocères, les statoblastes chez les Bryozoaires et les gemmules chez les Spongiaires.

Type 2 : la déshydratation des adultes ou des larves s'observe chez les Némathelminthe et Rotifères bdelloïdes. Des stades larvaires ou adultes peuvent également résister en vie ralentie dans les sédiments ; c'est le cas des larves d'Odonates *Sympetrum striolatum* (Holland, 1991). (5 semaines dans les sédiments), de Diptères Chironomides *Polypedilum pharao* (Thiéry, 1978) et de Coléoptères qui vont se nymphoser à sec comme *Berosus* (Thiéry, 1978). La réactivation de ces organismes en quiescence est liée directement à la réhydratation des sédiments.

Type 3 : des stades larvaires en quiescence (appelée aussi dormance) chez les Copépodes Calanoïdes reprennent leur développement immédiatement à la remise en eau.

Les formes de résistance de type 1 assurent plusieurs fonctions :

- La constitution d'une banque d'œufs similaire à celle de la banque de graines permettant une colonisation rapide de l'habitat dès la remise en eau ; les crustacés sont les premiers à coloniser la mare et, à ce titre, de véritables pionniers.

- A dissémination par les vents (anémochorie) et les animaux (zoochorie).

Les œufs de Branchiopodes Anostracés et de Cladocères ont des structures et des morphologies spécifiques qui permettent l'identification des espèces (Mura et *al.*, 1995) même lorsque le milieu est à sec.

I.7.2 Déplacements intermares des tritons

Dans le réseau des mares de la Réserve Naturelle de Roque-Haute, Jakob., (2001) a marqué individuellement, avec des puces électroniques, 470 tritons marbrés (*Triturus marmoratus*),

permettant de suivre leurs déplacements de 1998 à 2000. Au sein de la même année, les tritons se sont déplacés en moyenne de 27 m et au maximum de 163 m pour rejoindre une autre mare en eau. Entre années, la distance moyenne de déplacement était de 33 m et au maximum de 168 m. Une étude dans la vallée du Rhône (Lyon) sur des mares séparées par des distances croissantes, (Miaud, 1990), montre que la distance de migration entre des populations de tritons alpestres (*Triturus alpestre*), palmés (*T. helveticus*) ou crêtés (*T. cristatus*) est relativement faible. Un isolement total peut être observé entre populations distantes de plus de 350 m.

I.8 Menaces sur les mares temporaires méditerranéennes

Les mares temporaires sont souvent dispersées dans l'espace et, du fait de leur faible surface, sont potentiellement faciles à détruire. Cependant, dans une perspective historique, l'action de l'homme sur les mares est contrastée: d'une part les pressions anthropiques multiples les détruisent ou les dégradent, d'autre part de nombreuses mares ont une origine artificielle, créées pour remplir diverses fonctions, dont celle d'abreuvoir pour le bétail (Tessier-Ensminger & Sajaloli, 1997). Aujourd'hui, malgré l'absence de données précises, il est évident que la dégradation et la destruction des mares temporaires méditerranéennes l'emportent largement sur la création.

Les caractéristiques hydrologiques (durée, hauteur, dates) et la faible productivité (peu de nutriments, sécheresse estivale) des mares temporaires sont les facteurs les plus importants pour la conservation de leurs espèces et de leurs communautés caractéristiques. Lorsqu'elles affectent ces facteurs, les activités humaines ont un impact sur la conservation des espèces qu'elles hébergent. Il convient de distinguer les atteintes conduisant à la destruction directe des mares (urbanisation, comblement, etc.) des dégradations ou perturbations (par exemple drainage partiel, pollution), moins irréversibles, mais qui modifient leur fonctionnement écologique. L'introduction d'espèces envahissantes, la fermeture du milieu ou l'atterrissement naturel perturbent aussi l'équilibre fragile de ces habitats et de leurs espèces (Gauthier, 1933 ; Grillas, 1992 ; Cheylan, 1995)

- **Destruction des sites**

Au cours des cinquante dernières années, l'urbanisme a subi un essor très important sur le pourtour méditerranéen, en rapport avec la croissance démographique et le développement du tourisme.

Les zones humides temporaires en milieu périurbain sont confrontées à des menaces de comblements lors d'aménagements locatifs ou routiers. Dans la région Languedoc-Roussillon, la majorité des régressions et des extinctions locales de plantes rares ont été provoquées par la destruction directe des habitats (urbanisation) et par l'intensification de l'utilisation des terres

(Lavergne, 2003). Près d'Agde, les mares de Rigaud ont disparu lors de la construction d'un lotissement (Médail et *al.*, 1998) et celles de Notre-Dame de l'Agenouillade (Agde, Hérault) sont encerclées par l'urbanisation. Les mares du Plateau de Vendres (Hérault) et de Rodié (Var) ont été dégradées ou partiellement détruites par des infrastructures routières. A Malte comme au Maroc, la disparition des mares consécutivement à l'urbanisation est fréquente près des villes (Axiak et *al.*, 1999 ; Lanfranco, 1989 ; Rhazi, 1990).

Dans certains cas, la déstructuration du paysage peut conduire à l'extinction totale de toutes les espèces. C'est le cas, par exemple, du delta de l'Ebre, en Espagne où, suite à une artificialisation extrême du paysage, tous les amphibiens ont aujourd'hui disparu, jusqu'aux espèces les plus résistantes comme la Grenouille de Perez. En contraste, le delta de la Camargue n'a perdu aucune de ses espèces originelles grâce à la préservation d'espaces naturels encore importants (Cheylan & Poitevin, 1999).

• Perturbations de l'hydrologie

En région méditerranéenne, la santé publique a justifié le drainage ou le comblement des mares, "foyers à maladie" redoutés par l'homme. Ainsi des mares ont été asséchées au Maroc (Metge, 1986), et à Malte (Haslam, 1998) pour lutter contre le moustique (*Anopheles labranchiae*), vecteur du paludisme. Les zones humides temporaires sont aussi comblées ou drainées pour augmenter les surfaces arables. L'intensification de l'agriculture est la principale cause de disparition des mares en Espagne entre 1955 et 1980 et dans les costières nîmoises (France) dans la même période (Prudhomme, 1988).

Les pompages dans la nappe phréatique pour l'agriculture et pour l'approvisionnement en eau potable des zones urbaines, par exemple dans le Parc National de Donña au sud-ouest de l'Espagne (May, 1996), à Malte (Haslam, 1998) ou dans le nord-est de l'Algérie (De Belair & Samraoui, 1994), aboutissent à l'assèchement précoce de ces milieux et mettent donc en péril leurs communautés d'espèces animales et végétales caractéristiques.

L'extraction de matériaux minéraux pour la construction entraîne une augmentation de la durée d'inondation et de la turbidité des mares au Maroc qui s'accompagne de leur appauvrissement en espèces rares (Rhazi et *al.*, 2001). La création de réservoirs pour l'irrigation ou la défense contre les incendies, par surcreusement ou endiguement, provoque une mise en eau permanente des milieux temporaires. Plusieurs mares qui abritaient des crustacés rares (*Branchipus cortesi*) ont ainsi été surcreusées au Portugal et ont perdu leur caractère écologique temporaire (Machado et *al.*, 1999). La mare de Saint-Estève dans les Pyrénées-Orientales et la mare de Grammont près de Montpellier ont aussi été transformées en mares permanentes suite à des modifications hydrologiques de leur bassin versant (Amigo, 1987 ; Le Dantec et *al.*, 1998 ; Oliver et *al.*, 1997).

Ces changements hydrologiques conduisent à la diminution de la richesse floristique, notamment des Bryophytes à la disparition des espèces rares et à leur remplacement par une flore aquatique plus expansionniste à base d'hélophytes (*Typha latifolia*, *Scirpus maritimus*, etc.).

• Perturbations par le feu

Le feu constitue une perturbation majeure en région méditerranéenne. Ses impacts sont peu étudiés mais probablement multiples: directs sur la faune, la flore et les stocks semenciers et indirects sur l'hydrologie, la sédimentation et les espèces exotiques, par exemple. Dans le cas des mares et ruisseaux temporaires, l'incendie a des effets positifs dans le sens où la destruction des ligneux et l'ouverture du paysage favorisent les espèces méditerranéennes. Il a également des effets négatifs sur les populations et sur le milieu (comblement par les cendres et les limons, etc.) pouvant affecter l'ensemble des espèces (Grillas et *al.*, 2004)

La biomasse végétale, la date du feu et l'humidité du sol sont des facteurs susceptibles de faire varier largement la température d'un feu et ses conséquences sur les espèces et leurs organes de résistance. Les plantes vivaces possédant des rhizomes ou bulbes souterrains résistent bien au passage du feu. Ainsi l'Armoise de Molinier ne semble pas affectée par le brûlis hivernal de ses tiges sèches. De même, les grands joncs ou les scirpes produisent de nouvelles feuilles dans les quelques semaines qui suivent un incendie. Le passage du feu a probablement un impact destructeur plus important sur les stocks semenciers superficiels et sur les plantes vivaces dépourvues d'organes de résistance souterrains (cistes, par exemple) (Grillas et *al.*, 2004).

En ouvrant le milieu, le feu favoriserait l'installation des espèces exotiques pionnières (Gerhardt & Collinge, 2003). La destruction de la ceinture de ligneux bordant les mares pourrait expliquer la propagation de *Dittrichia viscosa* dans les mares des Tre Padule de Suartone au sud de la Corse (Lorenzoni & Paradis, 1997 ; Lorenzoni & Paradis, 2000). Les modifications de la dynamique des nutriments et de la teneur en composés toxiques relargués (phénols, tanins) n'ont pas été étudiées ; pourtant ils constituent aussi des menaces potentielles pour les espèces.

En Catalogne, une étude dans le Parc Naturel de Garraf a montré une diminution de la richesse spécifique et de l'abondance des larves d'amphibiens dans les mares touchées par le feu avec de fortes différences entre espèces : la Rainette méridionale (*Hyla meridionalis*) était la plus touchée tandis que le Pélodyte et la Grenouille de Perez étaient peu affectés (Clivillé et *al.*, 1997). Dans la Serra de Grandola (Portugal), un an après le feu, la communauté d'amphibiens était significativement altérée avec une réduction notable des effectifs d'Urodèles *Triturus marmoratus* et *Salamandra salamandra* (Costa et *al.*, 2002). Dans les Maures, immédiatement après un incendie, une des rares espèces encore présente est la Grenouille rieuse (*Rana ridibunda*), espèce envahissante à fort pouvoir reproductif (Grillas et *al.*, 2004).

- **Envahissement par des plantes compétitives**

L'abandon des pratiques agricoles et en particulier du pâturage extensif des troupeaux se traduit par la "fermeture du milieu", c'est-à-dire la colonisation des milieux herbacés (pelouses, prairies) par des espèces ligneuses. La simple augmentation de la densité du couvert herbacé constitue une menace pour des plantes annuelles peu compétitives et pour des amphibiens inféodés à des paysages ouverts : Pélobate cultripède (*Pelobates cultripes*), Crapaud calamite (*Bufo calamita*) ou Pélodyte ponctué (*Pelodytes punctatus*). Les Bryophytes des mares temporaires ne survivent que très peu de temps lorsqu'elles sont soumises à l'ombrage ou à la concurrence des graminées coloniales (Yavercovski et *al.*, 2004). Au contraire, les milieux pâturés irrégulièrement sont souvent très riches en Bryophytes. L'inondation (hauteur et durée) limite l'extension des espèces ligneuses dans les mares temporaires. Cependant, les espèces tolérantes à l'inondation se développent en bordure et dans les zones peu profondes des mares. La progression des ligneux autour et dans les mares temporaires résulte généralement de l'abandon du pâturage des troupeaux. Ce phénomène entraîne une diminution du rayonnement solaire et de la température qui peuvent freiner la croissance des plantes herbacées. De plus, l'ombrage, la diminution de la vitesse du vent et de la température de l'eau réduisent l'évapotranspiration en hiver et tendent donc à augmenter les durées d'inondations. Inversement, la présence de certaines essences, grandes consommatrices d'eau, peut conduire à une forte augmentation de l'évapotranspiration pendant la saison de croissance et accélérer l'assèchement (Grillas et *al.*, 2004). Des mares sont ainsi asséchées par des plantations d'Eucalyptus, comme c'est le cas au Portugal pour la production papetière (Machado et *al.*, 1999 ; Pinto, 1997).

- **Apport de nutriments**

L'apport direct de nutriments dans les mares est probablement rare en France même si les marges de certaines mares sont cultivées. Certaines dayas marocaines sont, par contre, encore utilisées comme lavoirs par les populations locales qui y déversent des lessives riches en phosphates. L'accumulation des fèces du bétail au sein des mares ou en périphérie immédiate est aussi une source potentielle de nutriments dont l'impact reste à évaluer. Lorsque les mares temporaires constituent des îlots au milieu des grandes cultures céréalières ou viticoles, l'agriculture représente une menace par ses apports indirects en engrais *via* les eaux de ruissellement ou les eaux souterraines. L'accumulation des nutriments issus de l'agriculture a été observée dans le substrat argileux des dayas marocaines (Rhazi et *al.*, 2001).

Plusieurs expériences en laboratoire ont montré que les larves d'amphibiens s'alimentent moins, se déplacent moins vite, présentent des déséquilibres, des malformations et un taux de mortalité accru quand des faibles niveaux de nitrates et de nitrites sont additionnés à l'eau (Marco et *al.*,

1999 ; Watt & Jarvis, 1997). En Espagne, 3 espèces d'amphibiens se sont révélées très sensibles au nitrate d'ammonium : la Rainette arboricole, le Discoglosse de Galganoi et le Crapaud commun (Ortiz et *al.*, 2002). Chez la Rainette, une mortalité de 30 % a été constatée pour des concentrations de 50 mgL⁻¹ (concentration légale admise pour la consommation humaine). Les autres espèces, moins sensibles, montraient néanmoins une croissance ralentie et des anomalies de développement. Les amendements en phosphore et en potassium peuvent aussi eutrophiser les mares, induire des proliférations algales et favoriser les espèces végétales compétitives au détriment des espèces rares et caractéristiques. (Béja & Alcazar, 2003) soupçonnent ainsi que la prolifération des massettes (*Typha* sp.), dans des mares au Portugal, résulte d'une concentration croissante en éléments nutritifs. La pollution peut aussi être d'origine urbaine cas du centre de l'Espagne (Florin et *al.*, 1993) et du Maroc (Rhazi et *al.*, 2001).

- **Polluants toxiques et décharges**

Dans le cadre de la lutte contre le paludisme, des produits insecticides sont déversés directement dans les mares au Maroc (Metge, 1986). Les apports indirects peuvent provenir des activités humaines diverses sur le bassin versant, notamment les produits phytosanitaires utilisés dans l'agriculture. Les routes sont des sources de pollution très diverses, que ce soit à l'occasion d'accidents impliquant des véhicules transportant des produits toxiques, par les lessivats routiers riches en hydrocarbures ou par les produits utilisés pour l'entretien des routes (herbicides, sels, chaux, etc.). Dans le cas des zones humides karstiques, l'origine de la contamination peut être beaucoup plus lointaine que ne le laisse suggérer le bassin versant superficiel. Le degré de contamination d'un site varie surtout en fonction de la quantité de produit chimique déversée par unité de surface, mais aussi de la taille de la surface traitée et de la rémanence des substances.

L'accumulation de pesticides dans les eaux de ruissellement, représente un risque élevé pour les amphibiens et les invertébrés aquatiques (Giudicelli & Thiéry, 1998). Dans un certain nombre de cas, il semble que les amphibiens aient de bonnes capacités de résistance aux agents polluants. L'établissement de populations d'amphibiens dans les bassins de rétention des eaux de lessivage des autoroutes (Scher & Thiéry, 2003) ou la persistance d'un peuplement diversifié dans la mare d'Opoul dans les Pyrénées-Orientales, qui constitue le réceptacle d'un vignoble soumis à de nombreux traitements (Oliver et *al.*, 1997), semblent le montrer.

- **Perturbations physiques du sédiment**

Les perturbations physiques du milieu (fouissement des sangliers dans le sédiment, piétinement par le bétail, passages de véhicules, apports de sédiments du bassin versant, creusement, etc.) peuvent avoir des effets positifs ou négatifs selon les cas sur la conservation des flores et des faunes des mares temporaires. Les perturbations physiques peuvent contribuer à la réduction du

couvert végétal et donc indirectement favoriser les espèces annuelles ou peu compétitives. Lorsque ces perturbations deviennent trop fréquentes, en particulier pendant la saison de croissance des plantes, elles peuvent réduire la taille des populations, les fragmenter et empêcher les plantes de boucler leur cycle et de se reproduire. D'une manière générale, l'analyse de l'impact des perturbations doit se faire en considérant le mode de perturbation et les impacts potentiels, d'une part sur les populations sensibles et d'autre part sur des espèces concurrentes (Devictor, 2003).

La création d'ornières par le passage répété de véhicules, particulièrement des véhicules tout-terrain (voitures, motos), peut modifier le fonctionnement hydrologique des mares. Ainsi, par exemple, dans la mare de Padulellu près de Porto Vecchio (Corse), suite au passage répété des 4 x 4, le ruissellement a augmenté sur le bassin versant, entraînant des graviers qui recouvrent la station d'*Elatine brochonii* (Lorenzoni & Paradis, 1997). Dans d'autres sites, le surpiétinement localisé conduit à un tassement exagéré du substrat et parvient à faire régresser la plupart des espèces de Bryophytes et d'Angiospermes caractéristiques. Ainsi dans la mare de Chevanu (Corse du Sud) qui, en été, sert de parking, les effectifs de l'annuelle *Lythrum borysthenicum* ont chuté d'environ 90 % entre 1991 et 2003 (Paradis et al., 2002).

Sur la rive sud de la Méditerranée, la forte croissance démographique des dernières décennies a conduit à une augmentation du cheptel ovin et bovin qui provoque, au Maroc et en Algérie, des dégâts non négligeables sur les mares et les milieux naturels voisins (Chninigue, 1990 ; Metge, 1986 ; Samraoui et al., 1992). Malgré un mode d'élevage extensif, les animaux se concentrent autour des mares. Le piétinement intense du bétail déstructure les sols (Rhazi, 2001) qui deviennent très instables, augmentant la turbidité et diminuant la lumière disponible pour les plantes. Dans des mares de la forêt de la Maamora (Rabat, Maroc), la turbidité générée par le passage du bétail semble pouvoir expliquer le faible développement de la végétation aquatique et amphibie pendant la phase submergée.

I.9 Impacts des changements climatiques sur les mares

I.9.1 Impacts sur le milieu

Les mares, en tant qu'écosystèmes aquatiques fragilisés par les activités humaines, font partie des écosystèmes les plus menacés par le changement climatique (Williamson et al., 2009 ; Woodward et al., 2010). Les variations climatiques, déjà importantes chez ces petits écosystèmes dynamiques, seront amplifiées, ce qui modifiera les processus géochimiques (Macrae et al., 2014 ; Gilbert et al., 2017). L'élévation des températures atmosphériques induira un réchauffement de l'eau des mares alors que, parallèlement, elles recevront moins d'eau du fait de précipitations très perturbées (Woodward et al., 2010 ; O'reagan et al., 2014). Elles risquent donc de s'assécher plus

tôt, plus rapidement, voire de disparaître, accentuant la fragmentation de ce réseau de milieux. Des mares jusqu'ici permanentes pourraient devenir temporaires (Woodward *et al.*, 2010 ; Macrae *et al.*, 2014 ; O'reagan *et al.*, 2014). Pour une mare, cela peut signifier un changement de taille important ; parfois des variations de la salinité (Labaugh *et al.*, 2018).

Le réchauffement estival de l'eau augmentera potentiellement les concentrations en nutriments dans l'eau en stimulant les processus microbiens (Oertli & Frossard, 2013), mais aura pour conséquence la concentration des toxines et des polluants *via* l'évaporation (Woodward *et al.*, 2010 ; Gilbert *et al.*, 2017). Les mares littorales, quant à elles, sont menacées par l'élévation du niveau des mers. Elles risquent de subir une transformation radicale par l'arrivée d'eau salée, voire de disparaître sous l'eau. Ces perturbations pourraient cependant contribuer à l'apparition de nouvelles mares d'eau saumâtre pouvant abriter une riche biodiversité (Abe-goulier *et al.*, 2019).

I.9.2 Impacts sur la biodiversité

Les eaux douces représentent 0.8% de la surface de la planète mais hébergent 6% de la biodiversité spécifique (Woodward *et al.*, 2010) ; elles constituent des hot spots de biodiversité. Les mares ne font pas exception, en particulier les mares temporaires qui abritent des espèces adaptées à leur fonctionnement (Gilbert *et al.*, 2017).

Le changement climatique agit sur la distribution des espèces dans les mares, augmentant le risque d'invasions, mais aussi d'extinctions. En effet, la dispersion ou la migration qui sera nécessaire à la survie de certaines espèces est limitée par la fragmentation de ces milieux. Les espèces sténothermes froides, qui représentent presque 20% de la biodiversité des mares européennes, sont donc fortement menacées à long terme (Woodward *et al.*, 2010 ; Oertli & Frossard, 2013 ; Gilbert *et al.*, 2017).

Par ailleurs, le changement climatique, en élevant la température des mares, favorise les organismes eutrophes plutôt qu'oligotrophes, qui représentent moins de richesse spécifique (Oertli & Frossard, 2013). Pourtant selon une étude réalisée en Suisse, la hausse des températures pourrait augmenter la richesse spécifique des mares situées en zone tempérée, particulièrement en altitude. La richesse moyenne passerait de 34 à 70 espèces en Suisse (Rosset *et al.*, 2010).

Le dérèglement climatique affecte différemment chacun des taxons présents dans les mares ; les impacts spécifiques aux principaux taxons sont présentés ci-après.

- **La végétation aquatique**

Les conséquences des changements climatiques sur les plantes ont surtout été étudiées dans les systèmes agricoles et forestiers (Cornelissen, 2011), aussi peu de données sont disponibles

sur la végétation des mares face au contexte climatique. On peut supposer que la végétation profitera du boost de photosynthèse engendré par l'augmentation des teneurs en CO₂ atmosphérique (Oertli & Frossard, 2013), mais il est plus probable qu'elle soit négativement impactée par la sécheresse. Des adaptations phénologiques sont également possibles (Hassall, 2015). Les espèces végétales exotiques envahissantes, en revanche, seront potentiellement favorisées par la douceur hivernale (Oertli & Frossard, 2013).

- **Les insectes**

Les insectes représentent une grande partie de la biodiversité des mares (Oertli & Frossard, 2013). Ces espèces sont mobiles, ont une forte capacité reproductrice et des cycles de vie courts, ce qui devrait conduire à d'importantes adaptations aux changements climatiques (Strange & Ayres, 2010 ; Woodward *et al.*, 2010). Des changements phénologiques, de distribution et même génétiques ont déjà été constatés (Menendez, 2007).

Dans les régions tempérées, la hausse globale des températures pourrait même leur être favorable en accélérant leur développement et en augmentant leur fitness (Kingsolver *et al.*, 2011). Cependant, ce ne pourra être le cas de certaines espèces particulièrement adaptées à un climat frais (sténothermes froids). Par ailleurs, une forte vague de chaleur pourrait empêcher les insectes de terminer leur développement et nuire à la survie des espèces par assèchement prématuré de la mare. Pour les insectes semi-aquatiques, l'eau devrait contribuer à protéger les œufs et les larves de fortes variations climatiques telles que les vagues de chaleur (Kingsolver *et al.*, 2011).

Chez les trichoptères, la plupart des espèces d'Europe du Nord ont une grande aire de répartition et sont généralistes, ce qui les rend résilients au changement climatique. En revanche, de nombreuses espèces du Sud de l'Europe pourront être menacées (Hering *et al.*, 2009).

Les odonates font partie des taxons pour lesquels une migration vers le Nord a été constatée, y compris en Europe (Menendez, 2007). Aux Etats-Unis les espèces adaptées aux climats tempérés ont migré vers le Nord de 88 km en moyenne entre 1960 et 1995 (Parmesan, 2006). Les odonates sont susceptibles de réagir fortement aux changements climatiques, aussi bien dans leur phénologie (reproduction plus précoce) que dans leur distribution (Hassall, 2015). Toutefois, la physiologie de ces espèces étant dépendante des températures, on observera des impacts positifs du changement climatique (comme l'accélération du développement) mais aussi négatifs comme la perturbation de la diapause. L'assèchement des mares peut en outre causer une importante mortalité des œufs, exerçant ainsi une pression de sélection en faveur des espèces de milieux aquatiques temporaires (Dijkstra & Lewington, 2015 ; Girard, 2019).

• Les amphibiens

S'il n'est pas prouvé que le changement climatique soit une cause directe du déclin actuel des amphibiens, il est admis que ces espèces sont impactées par les changements qui vont s'intensifier, notamment à cause de leur faible mobilité (Carey & Alexander, 2003 ; O'reagan et *al.*, 2014 ; Abegoulie et *al.*, 2019).

Le paramètre du changement climatique qui devrait le plus affecter les amphibiens est la disponibilité en eau. Les variations de précipitations influencent fortement le succès reproductif (mortalité des larves) et donc peuvent impacter les espèces à faible longévité. Les adultes peuvent également mourir de déshydratation en cas de sécheresse excessive (Carey & Alexander, 2003).

Il est rare que les amphibiens meurent d'un excès de chaleur car ils ne vivent normalement pas dans des zones où la température peut atteindre leur limite, mais ils souffrent d'effets indirects du réchauffement. L'élévation des températures favorise certainement la propagation du champignon *Batrachochytrium dendrobatidis*, qui a provoqué l'extinction de nombreuses espèces d'amphibiens partout dans le monde et qui est déjà présent en Europe (Carey & Alexander, 2003; Pounds et *al.*, 2006; Baker et *al.*, 2011).

Globalement, le réchauffement avance la période de reproduction de quelques semaines, avec des variations spécifiques. (Carey & Alexander, 2003 ; Parmesan, 2006 ; O'reagan et *al.*, 2014). En effet, la température conditionne la sortie d'hibernation, la gamétogénèse, le comportement reproducteur et le taux de croissance des larves et juvéniles (Carey & Alexander, 2003 ; Barrioz et *al.*, 2015). Les avantages d'une reproduction plus précoce sont que les individus accumulent davantage de réserves avant l'hibernation et ont plus de chance d'atteindre la métamorphose avant l'assèchement de la mare. L'inconvénient est une mortalité due au froid et une perturbation des interactions interspécifiques.

Une faible disponibilité en eau et une plus forte chaleur peuvent donc avoir des effets antagonistes sur la survie des amphibiens, la deuxième compensant la première dans une certaine mesure (O'reagan et *al.*, 2014). Cet équilibre est très complexe et dépend également d'un autre phénomène physiologique : l'accélération du métabolisme par la température, qui amènera les larves soit à se développer plus vite et à se métamorphoser avant l'assèchement de la mare, soit à entrer fortement en compétition face à un besoin en ressources accru.

• Autres taxons

De nombreuses espèces des mares se dispersent trop lentement pour échapper aux perturbations, telles que les petits mammifères (campagnol amphibie, musaraigne aquatique), les mollusques ou encore les poissons dont la migration est très limitée (Woodward et *al.*, 2014).

2010; Oertli & Frossard, 2013). D'autres espèces présentes dans ou autour des mares sont plus adaptables car plus mobiles, comme les oiseaux, ou plus résistantes, comme les célèbres tardigrades (Oertli & Frossard, 2013).

I.9.3 Rôle des mares face au changement climatique

On estime qu'il y aurait sur Terre 3 milliards de mares de 100 à 1000 m², soit une surface de 0.8 milliards de km² ou 20 mares par km² (Lehner & Döll, 2004). Les mares agricoles, à elles seules, représenteraient 77000 km² à l'échelle mondiale (Downing & Duarte, 2009). Avec les étangs et petits lacs, les mares constituent un tiers de la surface des eaux continentales (Downing, 2010).

Les mares, comme toutes les zones humides, régulent la ressource en eau (UICN, 2018). En effet, elles sont alimentées par les eaux de pluie (alimentation directe et ruissellement), par des sources ou résurgences, ou par une nappe phréatique et peuvent ensuite retenir cette eau et recharger les aquifères (Cereghino *et al.*, 2013; Abe-Goulhier *et al.*, 2019). Dans certains pays comme le Népal, la réhabilitation des mares est déjà utilisée, avec succès, pour pallier au manque d'eau disponible (Bastakoti *et al.*, 2016). Cette disponibilité en eau est d'autant plus essentielle que le risque d'incendies est en augmentation.

Dans ce contexte, les mares peuvent constituer une réserve d'eau pour la lutte contre les incendies (Abe-Goulhier *et al.*, 2019). En outre, les mares présentent une forte capacité épuratoire leur permettant, par dénitrification, sédimentation et assimilation par les plantes, d'améliorer la qualité de l'eau. A l'échelle d'un bassin versant, il est donc possible d'atténuer les pollutions amplifiées par le changement climatique (Rance & Domingues, 2018). Les mares améliorent donc la disponibilité en eau en atténuant conjointement plusieurs impacts du dérèglement climatique.

- **Récupération des surplus de précipitations**

Lors de fortes précipitations, les mares diminuent le volume des ruissellements en conservant une partie (voire la totalité) des écoulements, ce qui retarde l'afflux d'eau dans les rivières. L'eau est alors lentement absorbée par le sol et la végétation (Cereghino *et al.*, 2013 ; Abe-Goulhier *et al.*, 2019). Lorsque les précipitations surpassent la capacité maximale de la mare, celle-ci déborde vers l'aval mais des aménagements permettent de gérer ce débordement (Abe-Goulhier *et al.*, 2019).

- **Séquestration du carbone atmosphérique**

L'absorption des émissions de carbone par les écosystèmes est reconnue (UICN, 2018). Environ 60% des gaz à effet de serre émis par les activités humaines depuis 1750 ont été stockés dans la végétation, les sols et les océans, soit la moitié du CO₂ émis chaque année

dans le monde (UICN, 2018). Il est déjà établi que les lacs régulent le changement climatique en séquestrant le carbone (Williamson *et al.*, 2009) mais ce processus a été très peu étudié pour les mares (Downing, 2010). Pourtant, les mares absorbent effectivement le carbone atmosphérique, et des études commencent à mettre en lumière l'intensité de l'assimilation qui y a lieu (Downing & Duarte, 2009; Cereghino *et al.*, 2013; Gilbert *et al.*, 2017).

Dans une mare, en plus d'être absorbé directement par la végétation émergée, le CO₂ est dissous dans l'eau sous la forme de carbonate CO₃²⁻ ou bicarbonate HCO₃²⁻ (forme majoritaire). Il est ensuite transformé en carbone organique par le phytoplancton et les végétaux aquatiques *via* la photosynthèse (Oertli & Frossard, 2013). Ces organismes sont eux-mêmes consommés, puis la décomposition de la matière organique transfère le carbone dans les sols et les sédiments, où il restera à moyen ou long terme (UICN, 2018).

Ce stockage n'est pas permanent: le carbone peut être relargué sous forme de CO₂ dans l'atmosphère. En effet, l'assèchement d'une mare provoque la minéralisation du carbone organique par des bactéries aérobies et en quelques jours le transfert de CO₂ peut être inversé. L'émission est particulièrement importante durant les premiers jours d'assèchement et au moment de la réhumidification, il est donc problématique qu'une mare s'assèche et se remette en eau plusieurs fois dans l'été. De même, une longue période à sec n'est pas favorable au climat puisque la production de CO₂ augmente tout au long de la période d'assèchement. Cela peut être dû à une faible activité photosynthétique puisque les végétaux aquatiques subissent un fort stress hydrique. De ce point de vue une végétation plus fournie, qui garde un peu d'humidité, est préférable: cela conserve une activité photosynthétique et atténue l'assèchement des sédiments. En revanche le type de végétation ne semble pas avoir d'influence sur le flux de CO₂ (Gilbert *et al.*, 2017).

D'autres gaz à effet de serre peuvent être émis par les mares dans des conditions climatiques défavorables : le méthane CH₄ et le dioxyde d'azote NO₂. Cependant, ces émissions sont minimales par rapport aux quantités de carbone séquestrées (Downing, 2010).

Ainsi, l'assimilation du carbone par les mares est une des plus élevées tous écosystèmes confondus, avec une estimation moyenne de 1000 kg de carbone/an pour une mare de 500 m² (Cereghino *et al.*, 2013; Gilbert *et al.*, 2017). A l'échelle mondiale, les mares de ferme à elles seules séquestrent probablement plus de carbone que les océans (Downing, 2010 ; Cereghino *et al.*, 2013). Malgré un possible relargage, du fait de leur surface cumulée et de l'intensité des processus de stockage du carbone qui y sont associés, les mares pourraient être les écosystèmes les plus importants pour la séquestration du carbone (Downing, 2010).

- **Biodiversité : métapopulations, connectivité et migration des espèces**

Les petits écosystèmes aquatiques sont plus complexes et plus riches que les grands. Le recouvrement en macrophytes et la richesse spécifique en amphibiens, invertébrés et oiseaux aquatiques y sont plus importants. Ils sont également plus résistants aux invasions par des espèces exotiques envahissantes (Downing, 2010). En Grande-Bretagne, il est admis que les mares et étangs contribuent plus à la biodiversité régionale en végétaux et en macroinvertébrés que les lacs, les rivières, les ruisseaux et les fossés (Baker *et al.*, 2011). Les mares sont d'autant plus importantes que leur biodiversité diffère de celle d'autres milieux aquatiques comme les cours d'eau ou les lacs (Oertli & Frossard, 2013). De ce point de vue elles n'ont donc aucun équivalent.

Une caractéristique forte des mares est qu'elles fonctionnent en réseaux et abritent des métapopulations d'amphibiens, d'invertébrés, de végétaux, etc. (Baker *et al.*, 2011). Cela favorise globalement la biodiversité spécifique et génétique et limite les risques d'extinctions (Oertli & Frossard, 2013). Or, la bonne connectivité de ces réseaux est indispensable pour permettre la migration des espèces en réponse au changement climatique, en particulier pour les amphibiens (Cereghino *et al.*, 2013).

On considère que les mares sont bien connectées entre elles lorsque le réseau est dense (mares nombreuses et proches) et que les connexions entre les mares sont de bonne qualité (corridors écologiques). Ainsi, lorsqu'une mare s'assèche, les espèces migrent facilement vers une mare encore en eau (Oertli & Frossard, 2013). Ce comportement migratoire est essentiel pour la survie des espèces aux changements climatiques. Il a en effet été démontré que la connectivité des écosystèmes diminuait les impacts d'une hausse des températures, les espèces ayant la possibilité de migrer vers le nord et les hautes altitudes (Thompson & Shurin, 2012). La même étude montre que la connectivité des mares ne protège pas seulement les espèces, mais aussi l'écosystème en lui-même, car une espèce disparue ou partie peut alors être remplacée par une espèce arrivante assurant les mêmes fonctionnalités au sein du milieu. Développer les trames vertes et bleues peut donc permettre aux milieux aquatiques et à leurs espèces de faire face aux changements climatiques (Datar, 2013). Puisque la connectivité des mares facilite les déplacements des espèces aquatiques, elle augmente aussi le risque de contamination par des pathogènes ou d'invasion par des espèces exotiques. Il est donc important de conserver quelques mares plus isolées (Oertli & Frossard, 2013).

Chapitre II

Caractérisation, physique et biogéographique

II.1 Milieu physique

II.1.1 Situation géographique :

La wilaya de Sétif a une superficie de 6504 Km², soit 0,27 % du territoire national. Elle se localise au Nord-Est de l'Algérie. Elle est limitée à l'Ouest par la wilaya de Bordj Bou Arreridj, à l'Est par Mila, au Nord par Béjaia et Jijel et au Sud par M'sila et Batna (ANIREF, 2014). La wilaya se compose de 60 communes ou départements et 20 Dairas (Figure1).

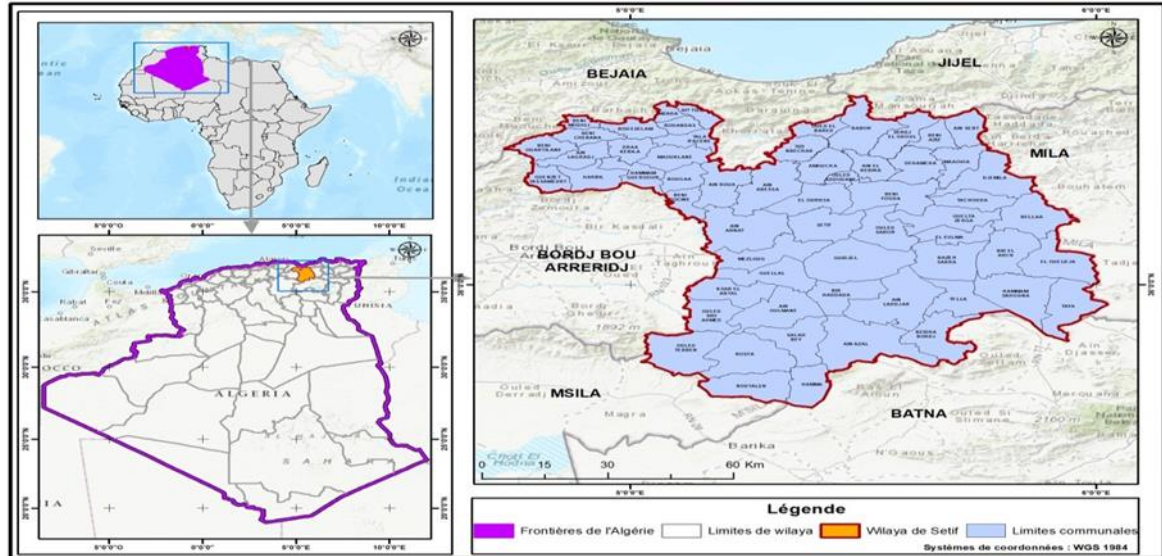


Figure 1: Localisation et limite administrative de la wilaya de Sétif (Slimani., Y, 2024)

II.1.2 Altitude

La carte topographique de la Wilaya de Sétif met en évidence une grande diversité altitudinale, traduisant une topographie contrastée entre zones montagneuses, plateaux et dépressions. L'analyse de la carte d'altitude montre différentes classes d'altitude allant de 297 m à plus de 2000 m, elle révèle une organisation spatiale clairement hiérarchisée du relief. Les altitudes les plus basses, comprises entre 297 et 800 mètres, occupent majoritairement la partie sud-est et centrale de la wilaya. En revanche, les zones situées au nord et au sud-ouest de la wilaya présentent des altitudes plus élevées, atteignant jusqu'à 2004 mètres au nord (Monts des Babors).

Les plateaux intermédiaires, situés entre 800 et 1400 mètres d'altitude, couvrent une large part de la wilaya. Ils apparaissent comme une zone de transition entre les hauts reliefs du nord et les plaines du sud, caractérisés par une alternance de collines, de vallées et de terrains faiblement ondulés. Ce gradient altitudinal traduit également une transition climatique et écologique (Figure 2).

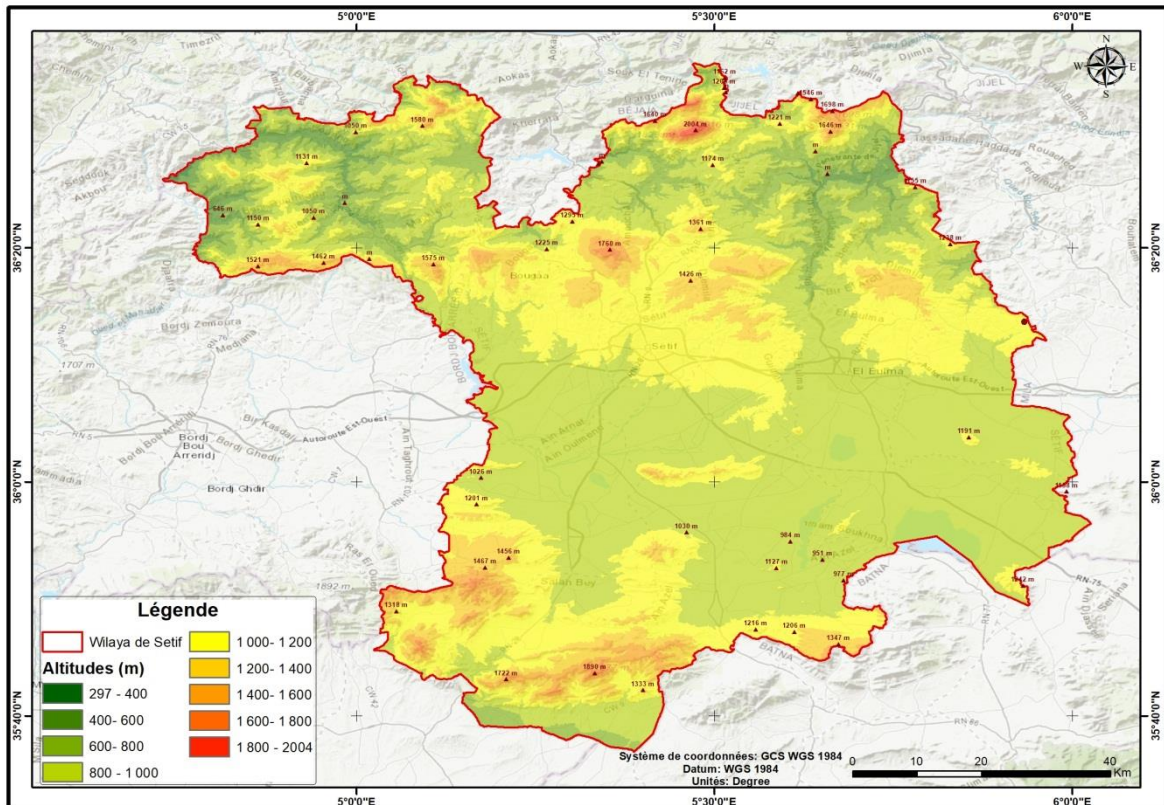


Figure 2: Carte des altitudes dans la wilaya de Sétif (Slimani., Y, 2024)

II.1.3 Exposition

L'analyse spatiale montre une distribution hétérogène des expositions, directement corrélée au relief accidenté de la région. Les zones montagneuses au nord et au sud-ouest de la wilaya présentent une forte variabilité directionnelle, avec une alternance marquée de versants orientés nord et sud. Cette configuration est le reflet des crêtes et vallées alignées principalement selon des axes est-ouest, ce qui engendre des pentes orientées soit au nord, soit au sud.

Dans les zones centrales et orientales, où le relief est plus modéré, l'exposition est plus uniformément répartie, avec une prévalence de versants sud-est et sud-ouest. Ces expositions jouent un rôle crucial dans les processus naturels et anthropiques: elles influencent l'ensoleillement, la température du sol, l'humidité, la croissance végétale ainsi que le risque d'érosion. Les versants exposés au sud, plus ensoleillés et secs, sont souvent plus sensibles à l'érosion hydrique et présentent des sols plus pauvres, tandis que ceux exposés au nord conservent davantage d'humidité (Figure 3).

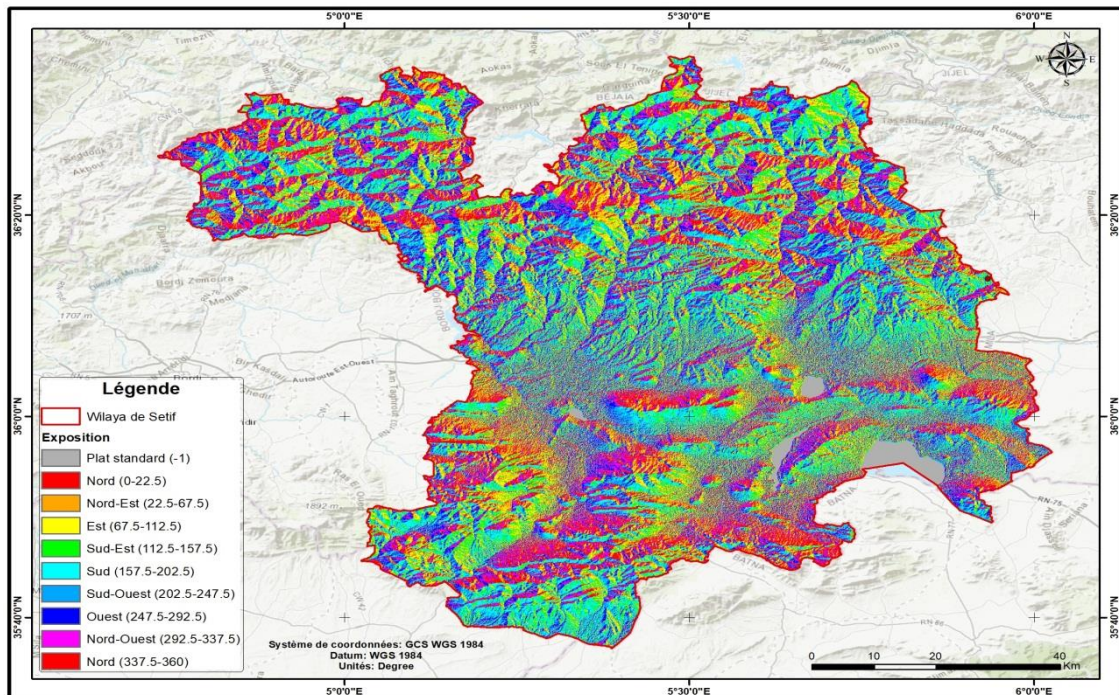


Figure 3: Carte des expositions de la wilaya de Sétif (Slimani., Y, 2024)

II.1.4 Pentés

La carte des pentes de la Wilaya de Sétif met en évidence les variations du relief à travers cinq classes de pentes, allant de moins de 3 % (zones planes) à plus de 30 % (zones très escarpées). Cette hétérogénéité topographique influence de manière significative la répartition des écosystèmes, la dynamique des sols, les flux hydriques, ainsi que la diversité floristique et faunistique.

D'un point de vue écologique, les zones à pente faible (0 à 3 %), principalement concentrées au centre et au sud-est de la wilaya, offrent des conditions stables pour le développement des sols profonds, favorables à l'agriculture intensive, aux cultures pérennes et aux implantations humaines. Ces secteurs présentent également une plus grande capacité à retenir l'eau de surface, ce qui contribue au développement d'habitats plus humides et plus riches en biodiversité.

Les pentes modérées à fortes (8 à 30 %) plus fréquentes dans les zones intermédiaires et dans certaines parties du sud-ouest, limitent les usages agricoles intensifs en raison de l'augmentation des risques d'érosion hydrique et de ruissellement. Toutefois, ces zones abritent souvent des formations végétales naturelles plus ou moins dégradées (forêts, maquis, broussailles), qui jouent un rôle écologique majeur dans la stabilisation des versants, la régulation microclimatique et la préservation des corridors écologiques.

Les zones à très forte pente (>30 %), localisées principalement dans les massifs montagneux du nord et du sud-ouest de la wilaya, sont peu propices à l'usage agricole ou à l'urbanisation. Elles

constituent cependant des réservoirs écologiques essentiels. Ces milieux, souvent difficilement accessibles, conservent une biodiversité plus spécifique, parfois endémique, et jouent un rôle crucial dans la régulation des eaux de surface et dans la protection des sols contre l'érosion (Figure 4).

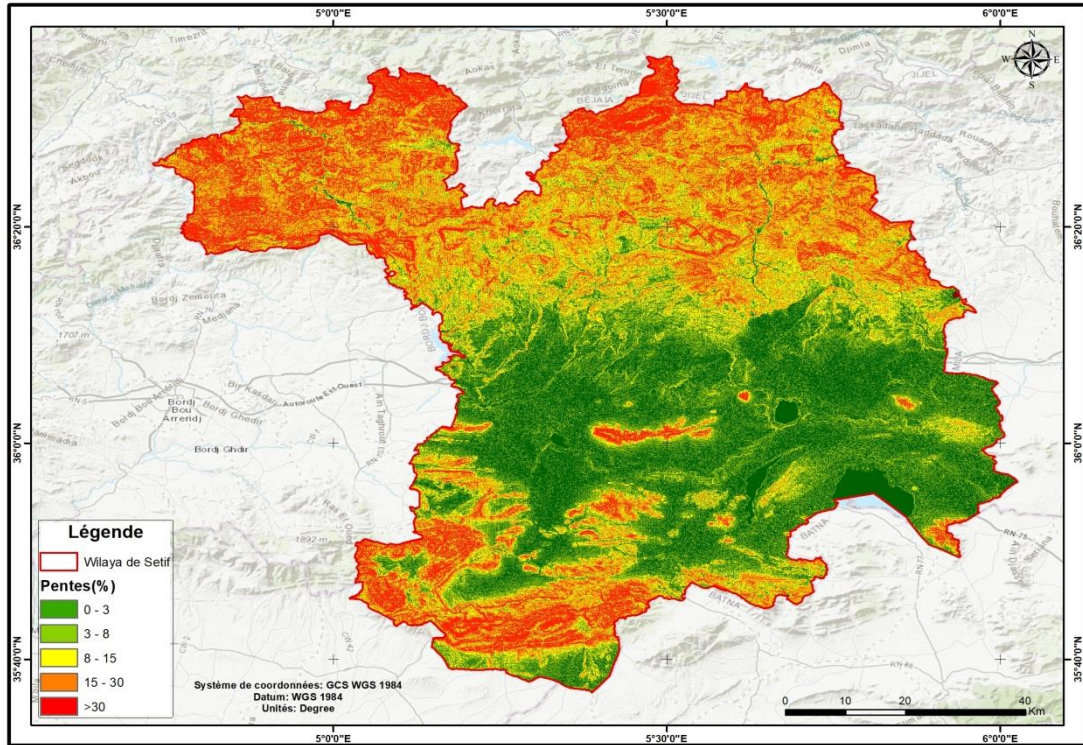


Figure 4: Carte des pentes de la wilaya de Sétif (Slimani., Y, 2024)

II.1.5 Pédologie

La carte pédologique de la wilaya de Sétif révèle une grande diversité de sols, reflétant la complexité écologique de la région. Les sols calcaires, majoritairement présents, offrent un bon potentiel agricole mais nécessitent une gestion appropriée pour éviter l'érosion. Les zones centrales et méridionales sont caractérisées par des sols alluviaux et alluviaux basiques, très fertiles et bien adaptés à l'agriculture intensive. En revanche, les sols salins, localisés principalement à l'est et au sud-est, présentent de fortes contraintes en raison de leur faible fertilité, rendant indispensable l'aménagement par drainage ou amendement. Les sols podzoliques au nord, bien que peu fertiles, jouent un rôle écologique important en abritant la biodiversité. Enfin, la présence de roche mère dans certaines zones montagneuses indique des terres non cultivables mais essentielles pour l'équilibre écologique (Figure 5).

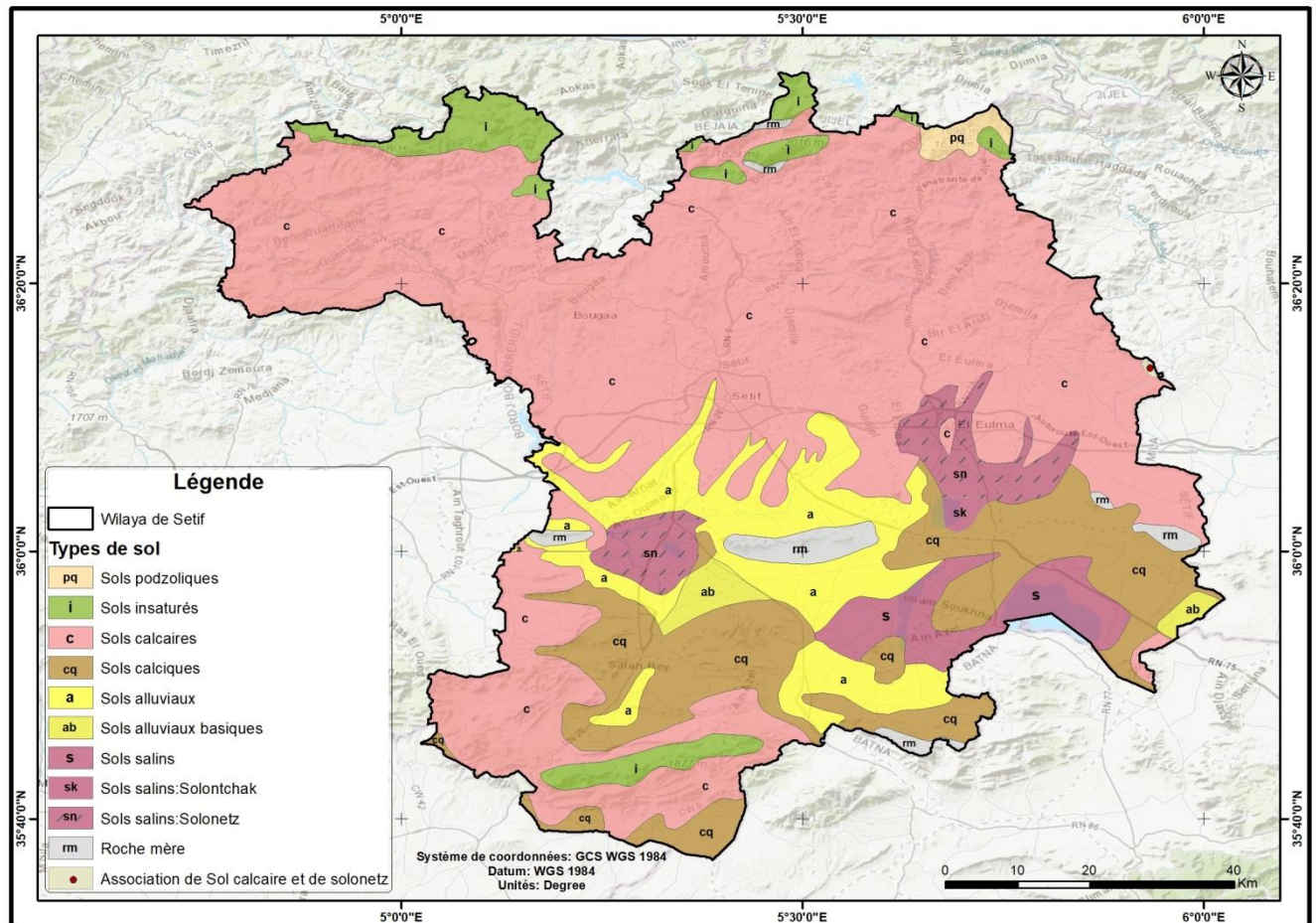


Figure 5: Carte pédologique de la wilaya de Sétif (Slimani., Y, 2024)

II.1.6 Géologie

La carte géologique de la wilaya de Sétif met en évidence une grande variété de formations géologiques, témoignant d'une histoire géologique complexe et riche. Cette diversité influence fortement les caractéristiques écologiques de la région, notamment la nature des sols, la disponibilité en eau, la végétation et les potentialités agricoles. Les formations du Quaternaire, composées d'alluvions, de graviers, d'argiles et de sables, localisées surtout dans les vallées et les plaines, offrent des sols fertiles favorables à l'agriculture et aux écosystèmes humides. Les formations du Miocène et de l'Oligocène, riches en marnes, grès et gypses, produisent des sols moyennement fertiles mais bien drainés, convenant à certaines cultures méditerranéennes et au pâturage. En revanche, les formations du Jurassique et du Crétacé, dominées par les calcaires, dolomies et schistes, donnent lieu à des sols pierreux, souvent peu profonds et sensibles à l'érosion, limitant leur exploitation agricole mais favorisant le développement de maquis ou de forêts claires. Ces zones calcaires jouent également un rôle important dans la recharge des nappes phréatiques en raison de leur perméabilité. Enfin, la

Chapitre II : Caractérisation, physique et biogéographique

présence de failles et de chevauchements souligne une forte activité tectonique ancienne, qui a contribué à la fragmentation des paysages et à la création de microclimats (Figure 6).

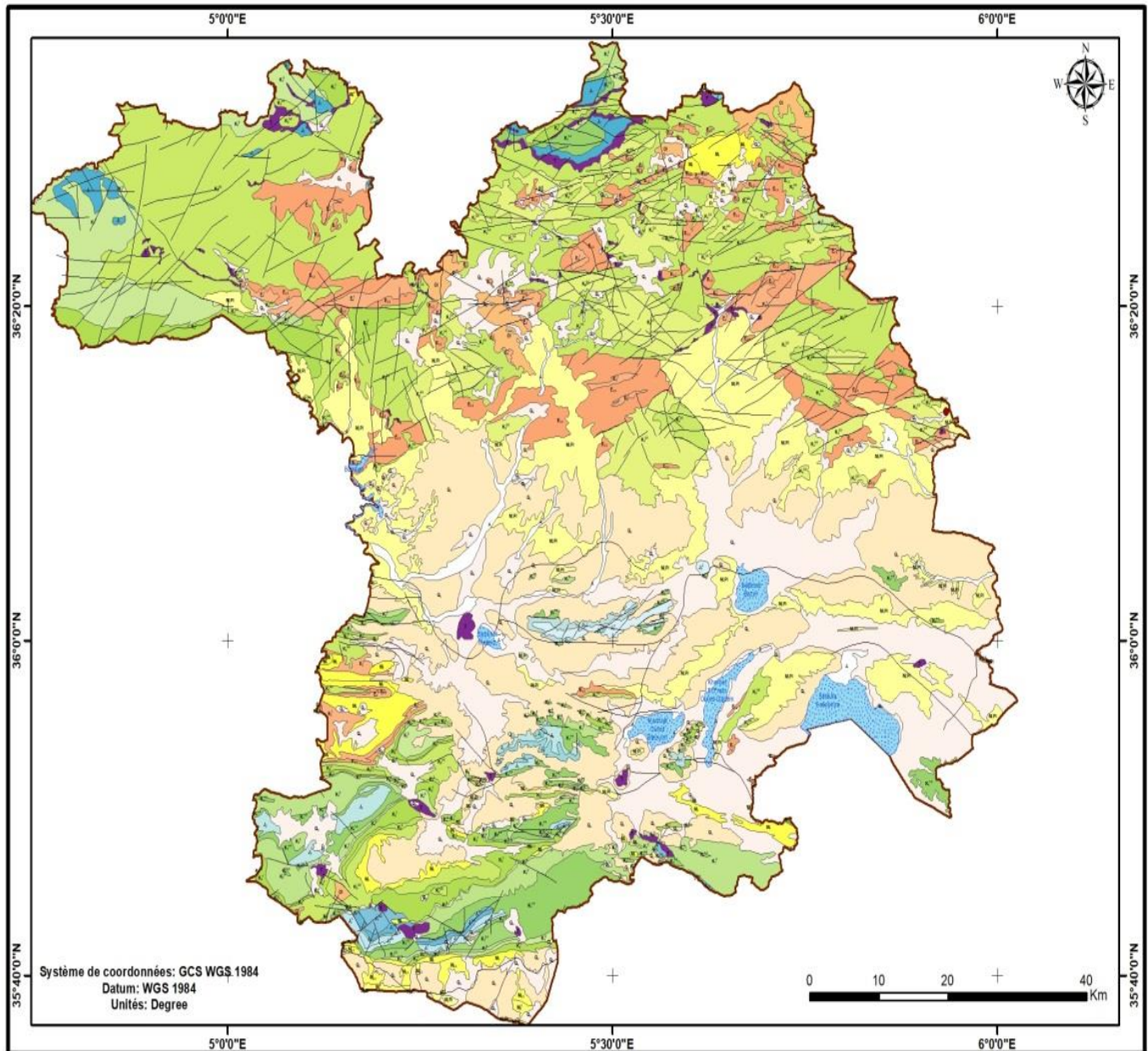




Figure 6: Carte géologique de la wilaya de Sétif

II.2 Climat et bioclimat

II.2.1 Origine des données climatique

Les données climatiques (précipitation et les températures minimales et maximales) sont obtenues à partir du site espagnol (en.tutiempo.net) sur une période de 25 années (1998-2022).

II.2.2 Facteurs du climat

II.2.2.1 Précipitation

Sur la période étudiée, les précipitations annuelles à Sétif présentent une forte variabilité interannuelle, avec des valeurs oscillant entre un minimum d'environ 74 mm en 1999, année exceptionnellement sèche, et un maximum proche de 678 mm en 2003, correspondant à une année particulièrement humide (Figure 7). La moyenne annuelle sur l'ensemble de la série est d'environ 375 mm, ce qui traduit un régime pluviométrique globalement modéré. On observe plusieurs épisodes humides marqués (2003, 2011) alternant avec des phases sèches (1999, 2017, 2020). Nous avons utilisé une analyse de tendance linéaire (régression linéaire pour mettre en évidence l'évolution de précipitation).

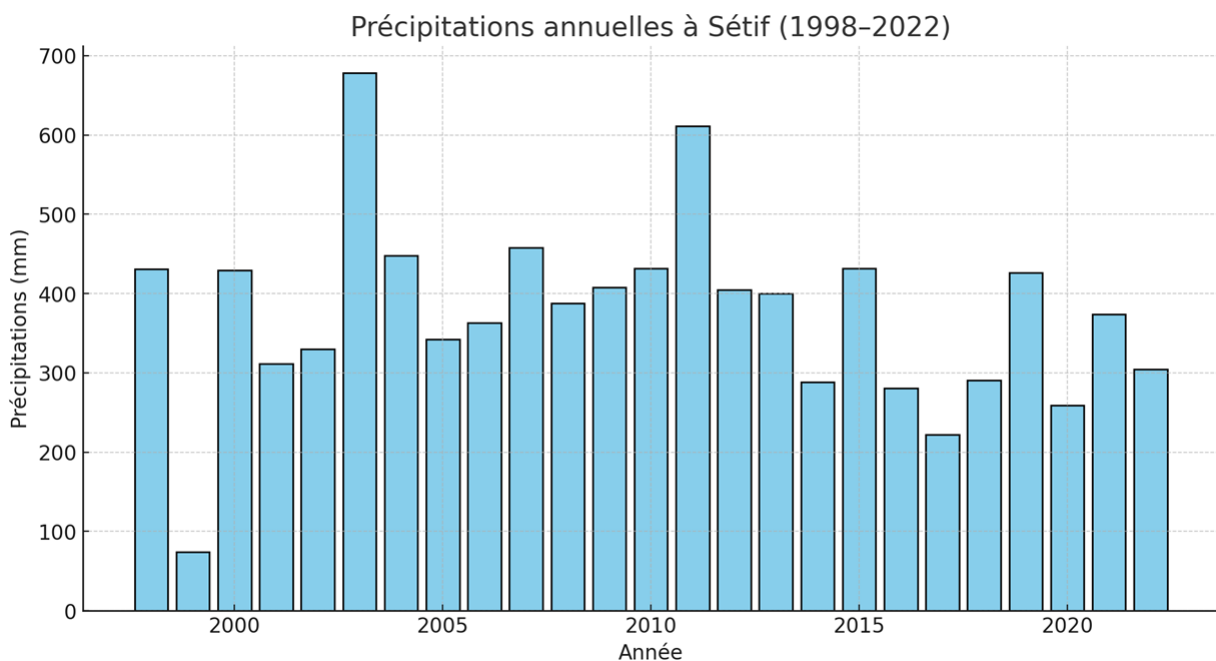


Figure 7: Précipitations annuelles dans la wilaya de Sétif 1998-2022

• Tendance linéaire des précipitations annuelles

L'analyse de la tendance linéaire des précipitations annuelles à Sétif sur la période 1998–2022 révèle une pente négative estimée à environ $-2,46$ mm par an, soit une baisse cumulée proche de 59 mm sur l'ensemble des 25 années étudiées. Cette diminution, bien que modeste, suggère une tendance générale vers un régime pluviométrique légèrement plus sec. Toutefois, la forte variabilité interannuelle observée, marquée par des années exceptionnellement

humides (2003, 2011) et d'autres particulièrement sèches (1999, 2017), atténue la lisibilité de ce signal. Il est donc possible que cette baisse ne soit pas statistiquement significative et qu'elle reflète davantage les fluctuations naturelles du climat semi-aride de la région que des changements climatiques à long terme (Figure 8).

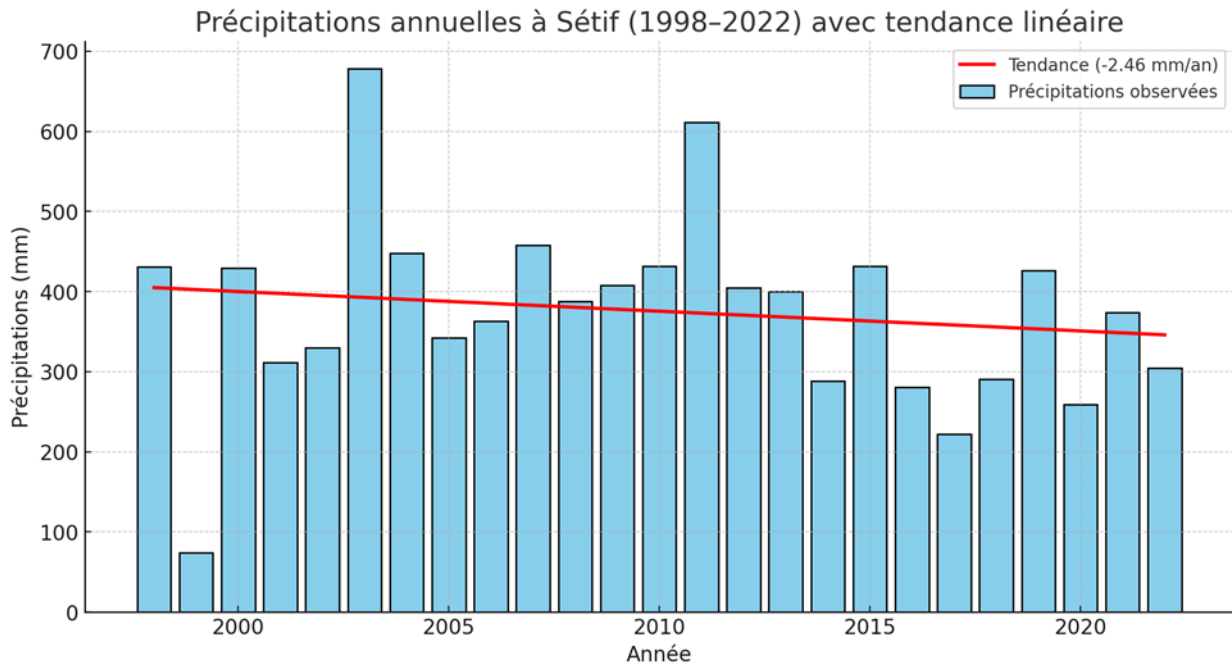


Figure 8: Précipitation annuelles dans la wilaya de Sétif 1998-2022 avec tendance linéaire

II.2.2.2 Températures

- **Températures minimales annuelles**

Le graphique présente l'évolution des températures minimales annuelles à Sétif entre 1998 et 2022. On observe des fluctuations importantes d'une année à l'autre, avec plusieurs creux notables, notamment en 2005, 2012 et 2018 où les valeurs descendent largement en dessous de 0 °C, atteignant même près de -5 °C en 2005. Malgré cette variabilité interannuelle marquée, la tendance linéaire indique une légère augmentation de la température minimale annuelle, estimée à +0,042 °C par an. Cela suggère un réchauffement progressif des températures minimales au fil des années, ce qui pourrait être lié à des changements climatiques régionaux ou à des facteurs locaux influençant le climat. Toutefois, la forte variabilité montre que les phénomènes météorologiques extrêmes continuent d'avoir un impact important sur les températures minimales (Figure 9).

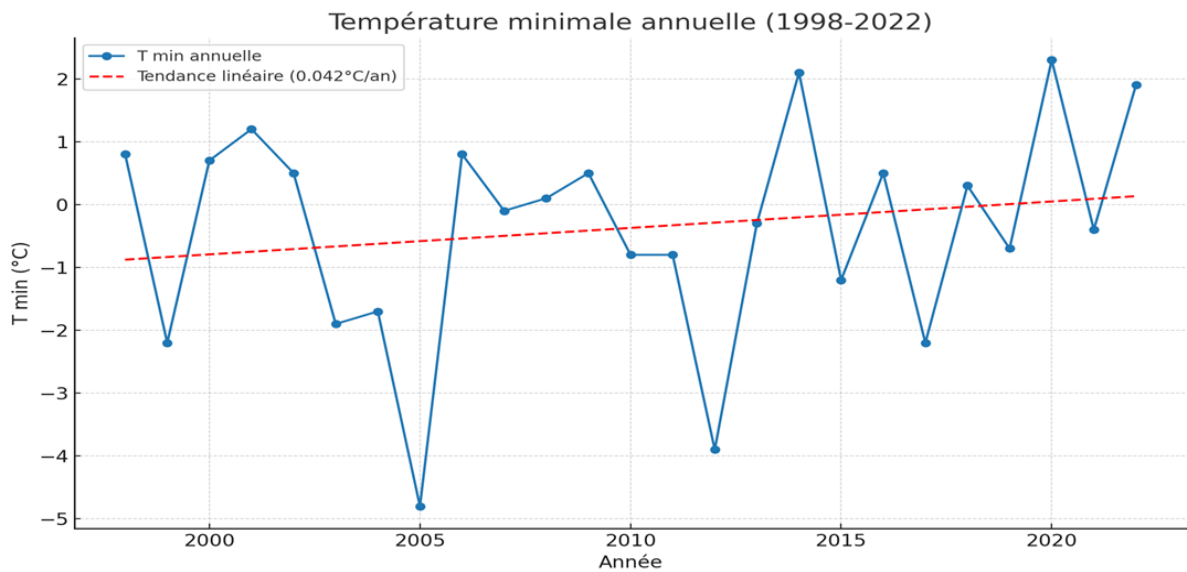


Figure 9: Température minimale annuelle 1998-2022

• Tendance des températures minimales annuelles

Le graphique illustre l'évolution des températures minimales annuelles observées à Sétif sur la période 1998-2022. Les valeurs relevées montrent une forte variabilité interannuelle, avec des pics positifs dépassant 2 °C certaines années (par exemple 2014 et 2020) et des creux marqués atteignant environ -5 °C en 2005. Cette amplitude importante témoigne de l'influence de facteurs climatiques et météorologiques locaux ou régionaux sur les températures minimales.

En parallèle, la tendance linéaire met en évidence une augmentation progressive des températures minimales annuelles, estimée à environ +0,042 °C par an. Malgré la présence de plusieurs années froides, notamment 2005, 2012 et 2018, la tendance générale est orientée à la hausse, ce qui traduit un réchauffement progressif des nuits et des périodes froides au cours des 25 dernières années (Figure 10).

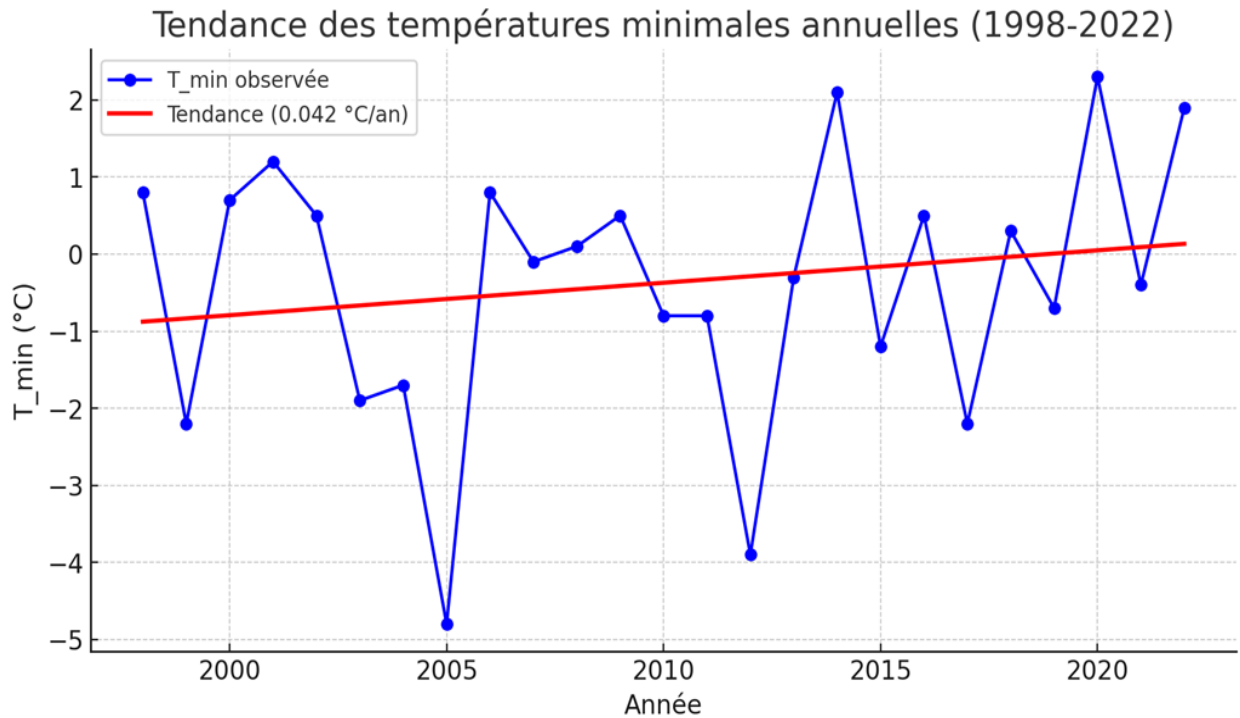


Figure 10: Tendance des températures minimales annuelles 1998-2022

• Températures maximales annuelles

Le graphique illustre l'évolution des températures maximales annuelles à Sétif sur la période 1998-2022. La moyenne des valeurs observées est de 31,80 °C, représentée par la ligne horizontale pointillée (Figure 11). On note une forte variabilité interannuelle, avec des années particulièrement chaudes comme 2012, où la température maximale a atteint 33,5 °C, marquant le record de la série, et des années plus fraîches comme 2016, qui présente la valeur minimale de 29,3 °C.

Globalement, bien que certaines années dépassent largement la moyenne, d'autres enregistrent des valeurs nettement inférieures, ce qui traduit l'influence combinée de facteurs climatiques locaux et de variations météorologiques à court terme. Les pics élevés observés en 1999, 2002, 2005, 2012 et 2018 pourraient être associés à des vagues de chaleur marquées, tandis que les baisses notables, comme en 2006, 2013 et 2016, témoignent d'épisodes plus frais ou de conditions estivales modérées.

Cette variabilité souligne que, malgré une moyenne relativement stable sur l'ensemble de la période, les extrêmes climatiques restent fréquents. Ces fluctuations peuvent avoir des conséquences importantes sur les ressources en eau dont les mares temporaires, l'agriculture et le confort thermique dans la région, et méritent donc une attention particulière dans un contexte de changement climatique global.

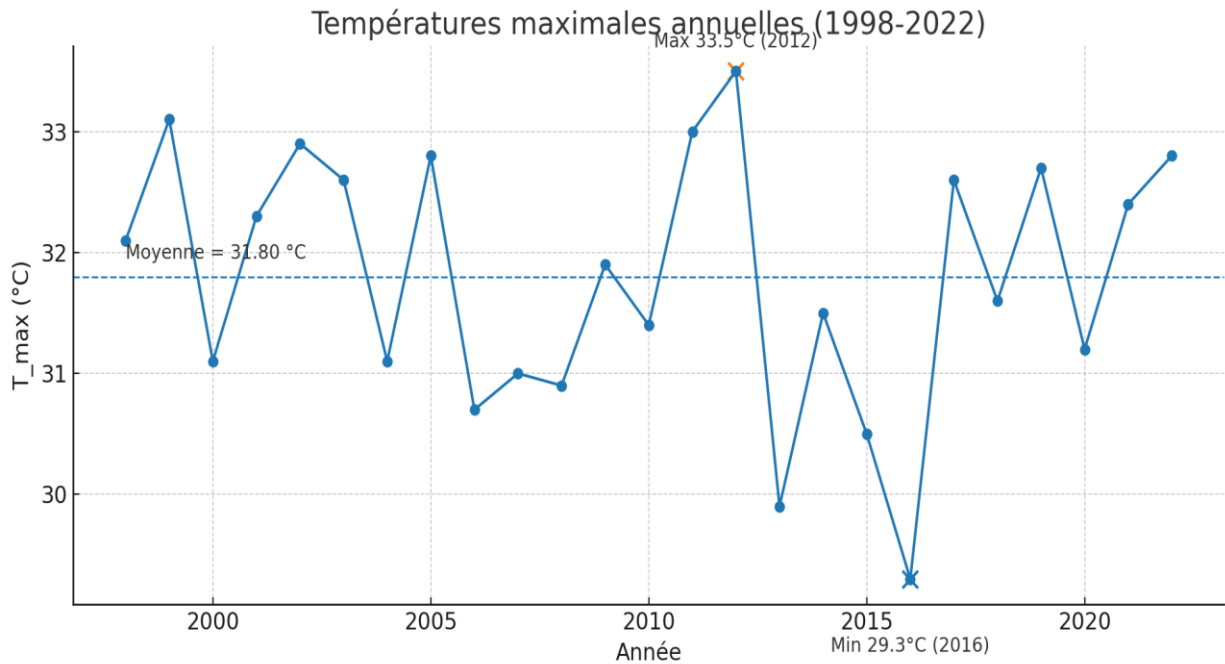


Figure 11: Température maximales annuelles 1998-2022

• Tendence des températures maximales annuelles

Le graphique présente l'évolution des températures maximales annuelles à Sétif entre 1998 et 2022. Les données observées montrent une forte variabilité interannuelle, avec plusieurs pics élevés dépassant 33 °C, notamment en 1999, 2003 et 2012, ainsi que des années plus fraîches autour de 30 °C ou moins, comme en 2006, 2013 et 2016. Cette dispersion traduit l'influence de conditions météorologiques particulières d'une année à l'autre, telles que les vagues de chaleur ou, au contraire, les étés plus modérés.

La tendance linéaire indique une légère baisse de la température maximale annuelle, estimée à environ $-0,016$ °C par an. Bien que ce déclin soit faible, il contraste avec les tendances souvent observées dans un contexte de réchauffement climatique global. Cela pourrait s'expliquer par des facteurs locaux, comme l'évolution de la couverture végétale, les modifications dans l'usage des sols ou des conditions atmosphériques régionales influençant la température maximale.

En résumé, malgré la présence des années exceptionnellement chaudes, la tendance générale sur la période étudiée est à une légère diminution des températures maximales annuelles. Cette observation suggère que, dans cette région, les températures diurnes extrêmes n'augmentent pas de manière significative et pourraient même s'atténuer légèrement, tandis que les variations d'une année à l'autre restent importantes (Figure 12).

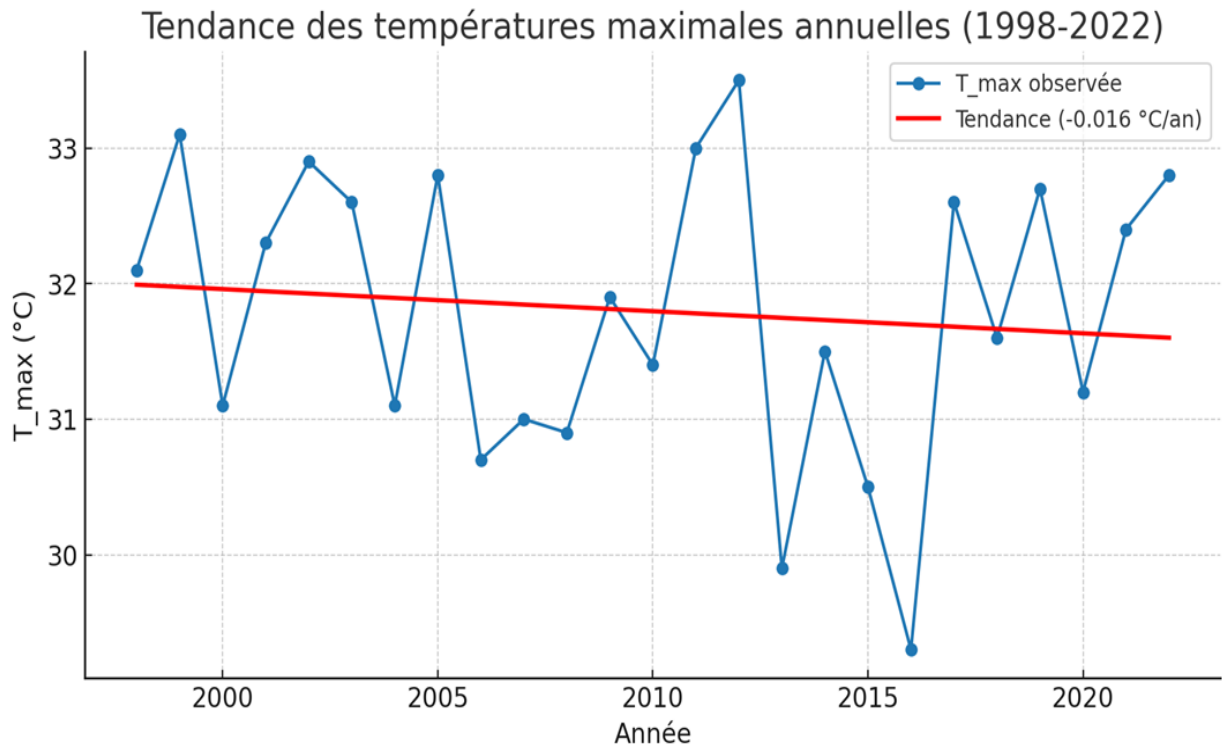


Figure 12: Tendances des températures maximales annuelles 1998-2022

- **Températures moyennes mensuelles**

Le régime des températures moyennes mensuelles à Sétif (1998-2022) montre une forte variabilité saisonnière. Les températures minimales hivernales, observées entre décembre et février, descendent jusqu'à environ 4 °C, tandis que les maximales restent modérées, autour de 12 à 13 °C, traduisant des hivers relativement froids. À partir du printemps, une élévation progressive et régulière des températures est enregistrée, atteignant un maximum estival en juillet et août, où les températures maximales avoisinent 33 à 34 °C et les moyennes se situent autour de 26 à 27 °C, reflétant des conditions chaudes et sèches. La période automnale se caractérise ensuite par une diminution graduelle des températures, marquant la transition vers la saison froide (Figure 13).

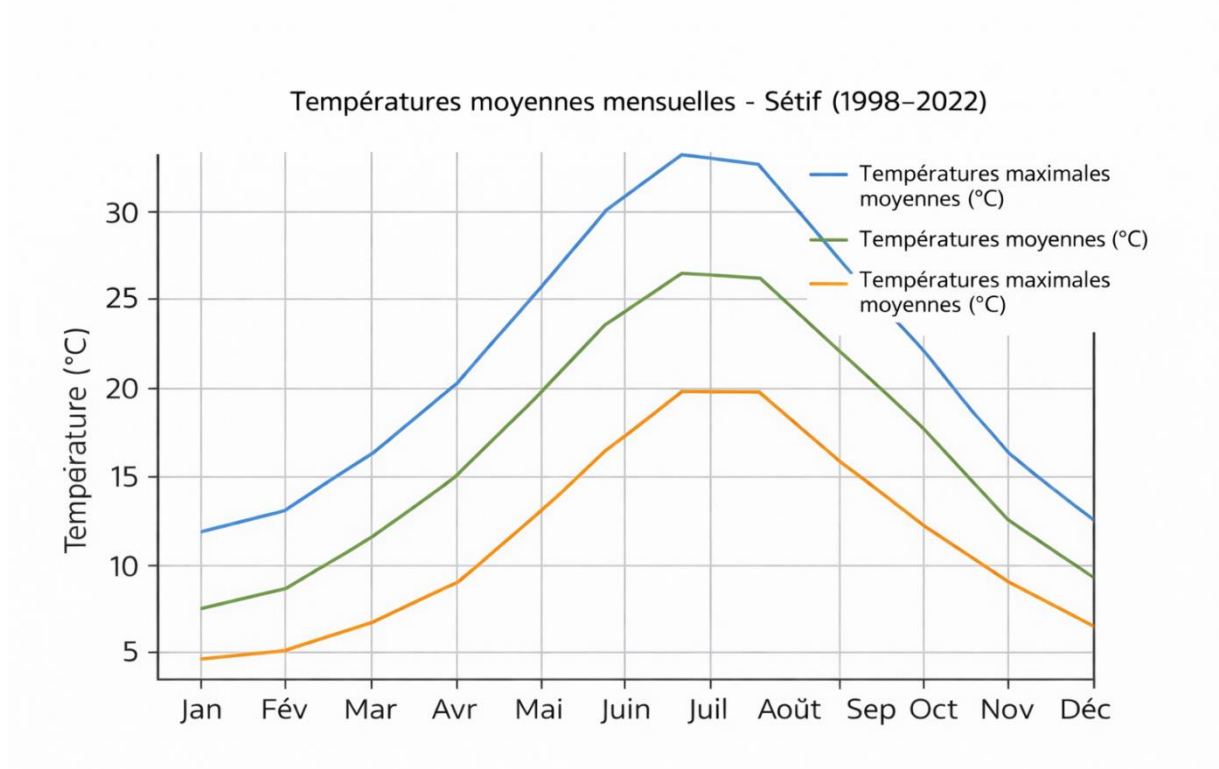


Figure 13: Les températures mensuelles moyennes de la wilaya de Sétif 1998-2022

- **Températures moyennes annuelles**

Le graphique ci- dessous illustre l'évolution des températures maximales, minimales et moyennes annuelles enregistrées entre 1998 et 2022. On remarque une forte variabilité interannuelle, avec des écarts parfois marqués entre les années les plus chaudes et les plus froides. Les températures maximales annuelles oscillent globalement entre 29 °C et 33,5 °C, avec un pic enregistré en 2012 (33,5 °C) et une valeur minimale en 2016 (29,3 °C). Les températures minimales annuelles présentent des variations plus accentuées, allant de 2,3 °C en 2020 à un minimum extrême de -4,8 °C observé en 2005, traduisant la présence d'hivers particulièrement rigoureux certaines années.

La température moyenne annuelle se maintient globalement autour de 30,2 °C sur la période étudiée, ce qui correspond à la moyenne représentée par la ligne horizontale en pointillés. Les fluctuations observées sont principalement influencées par les variations des températures extrêmes, particulièrement en période estivale pour les maximales et en hiver pour les minimales. Ce comportement climatique met en évidence un régime thermique caractérisé par des étés chauds à très chauds et des hivers pouvant être modérément froids à très froids selon les années (Figure 14).

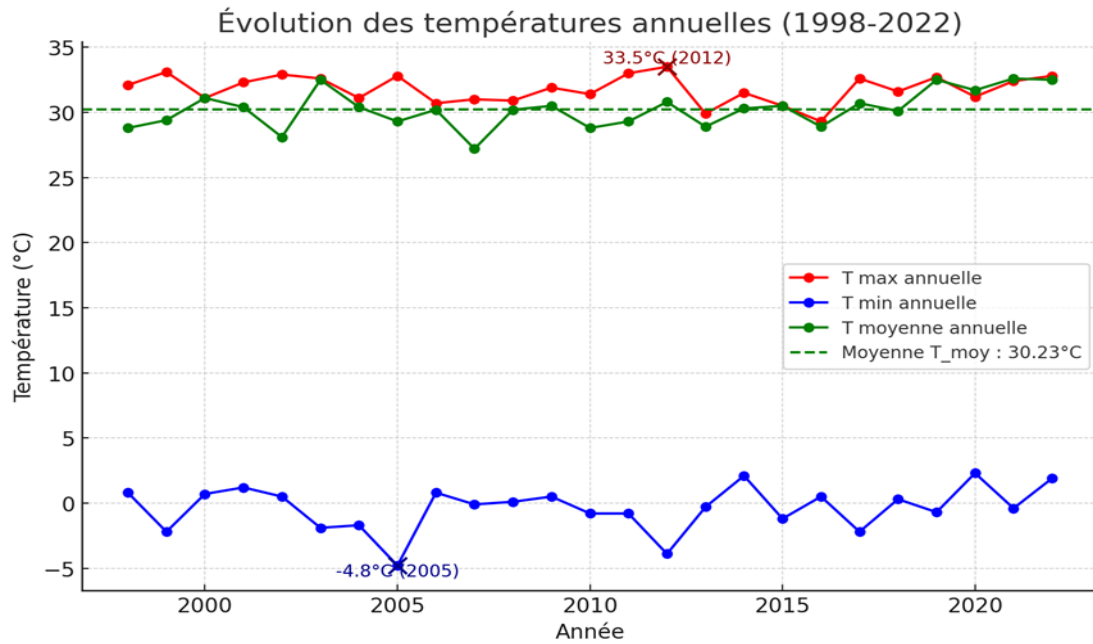


Figure 14: Evolution des températures annuelles de la wilaya de Sétif 1998-2022

II.2.3 Synthèses bioclimatiques

Pour la synthèse bioclimatique, nous avons retenu les deux indices les plus usités en région méditerranéenne : la période sèche, déterminée à l'aide du diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen, ainsi que le climagramme associé au quotient pluviothermique d'Emberger. Ce choix est motivé par la disponibilité des paramètres climatiques.

II.2.3.1 Diagramme ombrothermique

Selon Bagnouls et Gaussen (1957), « un mois est considéré comme sec lorsque le total des précipitations P , exprimé en mm, est égal ou inférieur au double de la température moyenne T du mois, exprimée en degrés centigrades ». Partant de ce principe, la durée et l'importance de la période sèche peuvent être déterminées à l'aide du diagramme ombrothermique proposé par ces deux auteurs. Ce diagramme est obtenu à partir d'un graphique où les mois de l'année sont représentés en abscisse, les précipitations moyennes mensuelles (P , en mm) en ordonnée de gauche, et les températures (T , en °C) en ordonnée de droite, avec une échelle double. La période sèche s'individualise lorsque la courbe des précipitations passe en dessous de celle des températures, c'est-à-dire lorsque $P \leq 2T$.

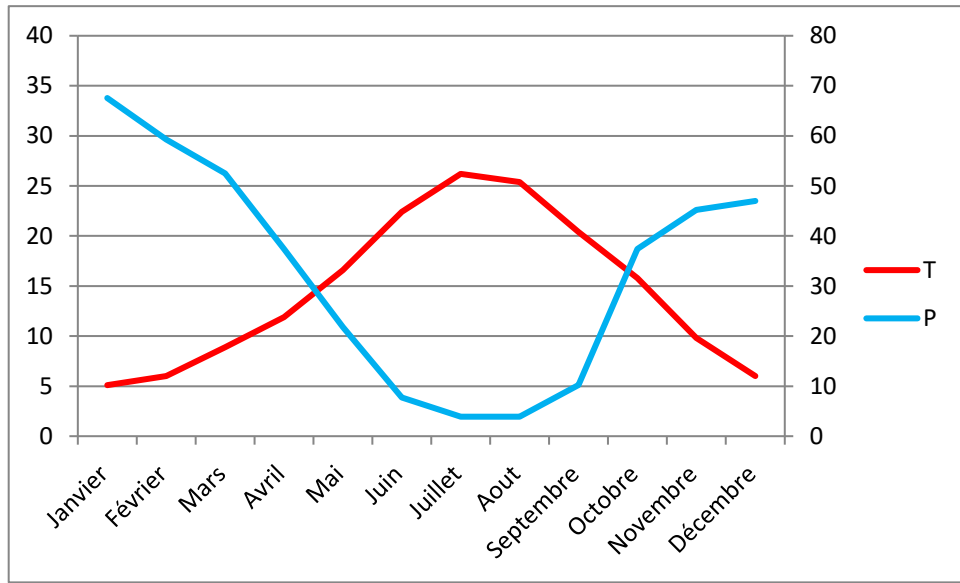


Figure 15: Diagramme ombrothermique de la wilaya de Sétif 1998-2022

La période défavorable pour la wilaya de Sétif, sur la période 1998-2022, s'étend de mai à mi-octobre, soit cinq mois et demi de période sèche (Figure 15).

II.2.3.2 Quotient pluviométrique d'Emberger

Pour établir une correspondance entre les types de climats méditerranéens et la végétation EMBERGER (1930, 1936, 1955) a mis au point le quotient pluviométrique qui s'exprime actuellement par la formule :

$$Q2 = 1000 P / (M+m) (M-m)$$

Où "P" représente la moyenne des précipitations annuelles en mm, "M" la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud et "m" la moyenne des minima du mois le plus froid. Les températures étant exprimées en degré absolu (0 °C = 273, 16°). Selon cet auteur, le 'M' et le 'm' représentent les seuils entre lesquels, dans un endroit donné, se déroule la vie végétale. Le facteur $M+m/2$ exprime la moyenne; $M-m$ traduit l'amplitude thermique extrême ou la continentalité ou plus exactement l'évaporation.

L'indice Q2 n'est pas utilisé seul. EMBERGER (1930, 1936) a combiné sur un climagramme m en abscisse et le quotient pluviométrique en ordonnée pour définir les étages bioclimatiques (ou ambiances bioclimatiques). Le tableau 1, résume l'ensemble des étages définis pour la région méditerranéenne.

Chapitre II : Caractérisation, physique et biogéographique

Tableau 1: Etages bioclimatiques selon EMBERGER (1952)

Zones bioclimatiques	Q2	P en mm
Saharienne	$Q2 < 10$	$P < 100$
Aride	$10 < Q2 < 45$	$100 < P < 400$
Semi-aride	$45 < Q2 < 70$	$400 < P < 600$
Sub-humide	$70 < Q2 < 110$	$600 < P < 800$
Humide	$110 < Q2 < 150$	$800 < P < 1200$
Per-humide	$Q2 > 150$	$P > 1200$

Selon les valeurs du m, ces zones bioclimatiques sont subdivisées en variantes thermiques. Dans le tableau 2 nous reprenons les différents sous étages bioclimatiques retenus par Daget et David, (1982) :

Tableau 2: Sous étages bioclimatiques

Variantes à hiver	Valeur de m en °C	Variantes à hiver	Valeur de m en °C
Glacial	$m < -10$	Frais	$0 < m < +3$
Extrêmement froid	$-10 < m < -7$	Tempéré	$+3 < m < +4,5$
Très froid	$-7 < m < -3$	Doux	$+4,5 < m < +7$
Froid	$-3 < m < 0$	Chaud	$+7 < m < +10$
Frais	$0 < m < +3$	Très chaud	$m > +10$

Le Q2 calculé (40,17) classe notre région d'étude dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver froid (Figure 16).

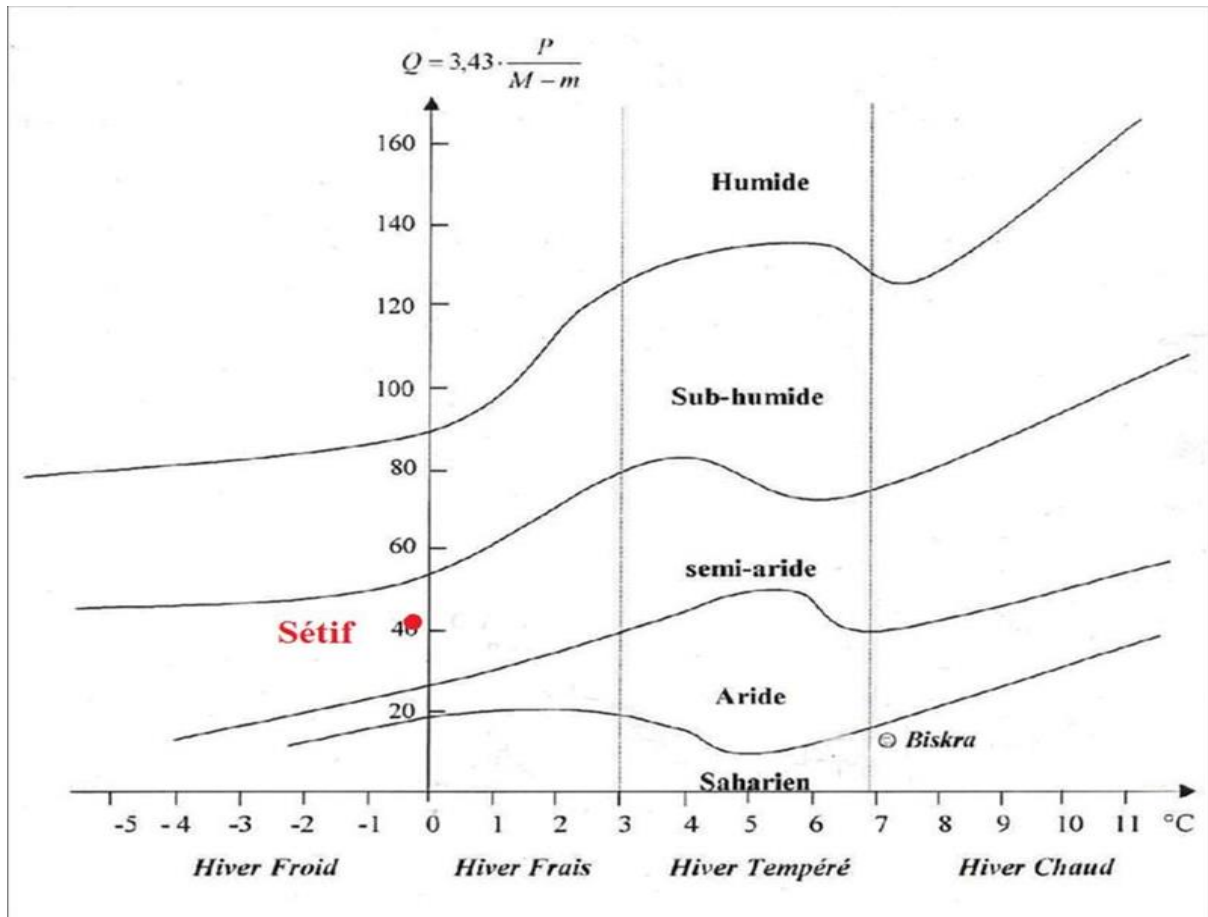


Figure 16: Climmagramme d'EMBERGER de la zone d'étude

II.3 Cadre Biogéographique

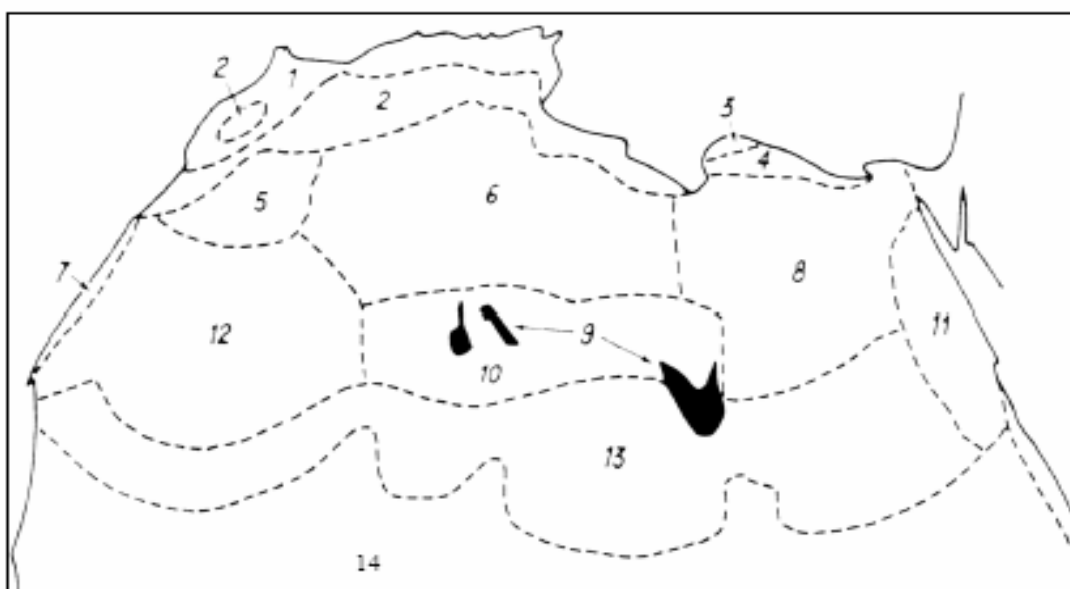
II.3.1 Cadre phytogéographique

Cosson (1862, 1879) a défini, pour l'Algérie, quatre "régions botaniques". Cette subdivision, basée sur des critères géographiques, climatiques et botaniques, permet de distinguer une "région méditerranéenne" correspondant à la partie tellienne du pays; une "région montagneuse" constituée par les hauts sommets des deux Atlas (Tellien et Saharien); une "région des hauts plateaux" englobant les vastes étendues steppiques et une "région saharienne" qui s'étend du piémont sud de l'Atlas Saharien jusqu'aux confins méridionaux du pays.

Partant des disparités floristiques propres à chaque région botanique définie par cet auteur, Lapie (1909) subdivise l'Algérie en « domaines », eux-mêmes divisés en « secteurs », à leur tour fractionnés en « districts ». Ces subdivisions ont été reprises et légèrement modifiées par les principaux auteurs ayant étudié la phytogéographie algérienne, voire nord-africaine (Maire, 1926 ; Quézel, 1978 ; Quézel et Santa, 1962-1963 ; Barry et al., 1976).

II.3.2 Principales subdivisions phytogéographiques de L'Algérie

Selon Quézel (1978), l'Afrique du Nord non saharienne relève de la « région méditerranéenne », tandis que les territoires sahariens appartiennent à la « région saharo-arabique ». Ces deux régions font partie du « sous-empire mésogéen » de « l'empire holarctique » (Figure 17). Cet auteur subdivise la région méditerranéenne en deux sous-régions : la « sous-région est-méditerranéenne » et la « sous-région ouest-méditerranéenne », à laquelle se rattache l'Algérie. En Afrique du Nord, cette sous-région comprend trois domaines.



Légende :

Empire Holarctique - Sous-empire Mésogéen

Région Méditerranéenne -

- | | |
|---------------------------|--|
| Sous-région occidentale : | 1 - Domaine Nord-Africain méditerranéen; |
| | 2- Domaine Nord-Africain Steppique; |
| Sous-région orientale : | 3 - Domaine Cyrénaïque - Méditerranéen; |
| | 4 - Domaine Est-Africain Steppique; |

Région Saharo-arabique

- | | |
|--------------------------|--|
| Sous-région Saharienne : | 5 - Domaine du Sahara Nord-Occidental; |
| | 6- Domaine du Sahara Septentrional; |
| | 7- Domaine du Sahara Océanique; |
| | 8- Domaine du Sahara Nord Oriental; |

Zone complexe :

- | | |
|---------------------------------------|--|
| Zone Méditerranéo-Saharo-soudanaise : | 9 - Domaine Hautes Hautes Montagnes Sahariennes; |
| Zone Saharo-soudanaise : | 10 - Domaine du Sahara Central; |
| | 11- Domaine du Sahara Oriental; |
| | 12- Domaine du Sahara Occidental; |

Empire Paléotropical - Sous empire Africain

Région *Soudano-angolaise* -

- * Sous région *Saharo-africaine* : 13 - Domaine du *Sahara Méridional*.
- * Sous région *Sahélienne* : 14 - Domaine du *Sahel septentrional*

Figure 17: Subdivisions phytogéographiques de l 'Afrique méditerranéenne et du Sahara (Quézel, 1978)

II.3.3 Subdivisions biogéographiques de la région d'étude

Selon Quézel et Santa (1962-1963), la région d'étude fait partie du secteur des hauts plateaux et du sous-secteur des hauts plateaux constantinois (Figure18). Selon Meddour, (2012), le Sétifois appartient au district Orientalo-steppien. En résumé, les subdivisions biogéographiques pour notre zone sont comme suit:

Empire : Holarctique

Sous /empire : Mésogéen

Région : Méditerranéenne

Sous –région : Méditerranéenne occidentale

Domaine : Nord- Africain steppique

Secteur : Des hauts plateaux

Sous- secteur : Des hauts plateaux constantinois

District : Orientalo-steppien

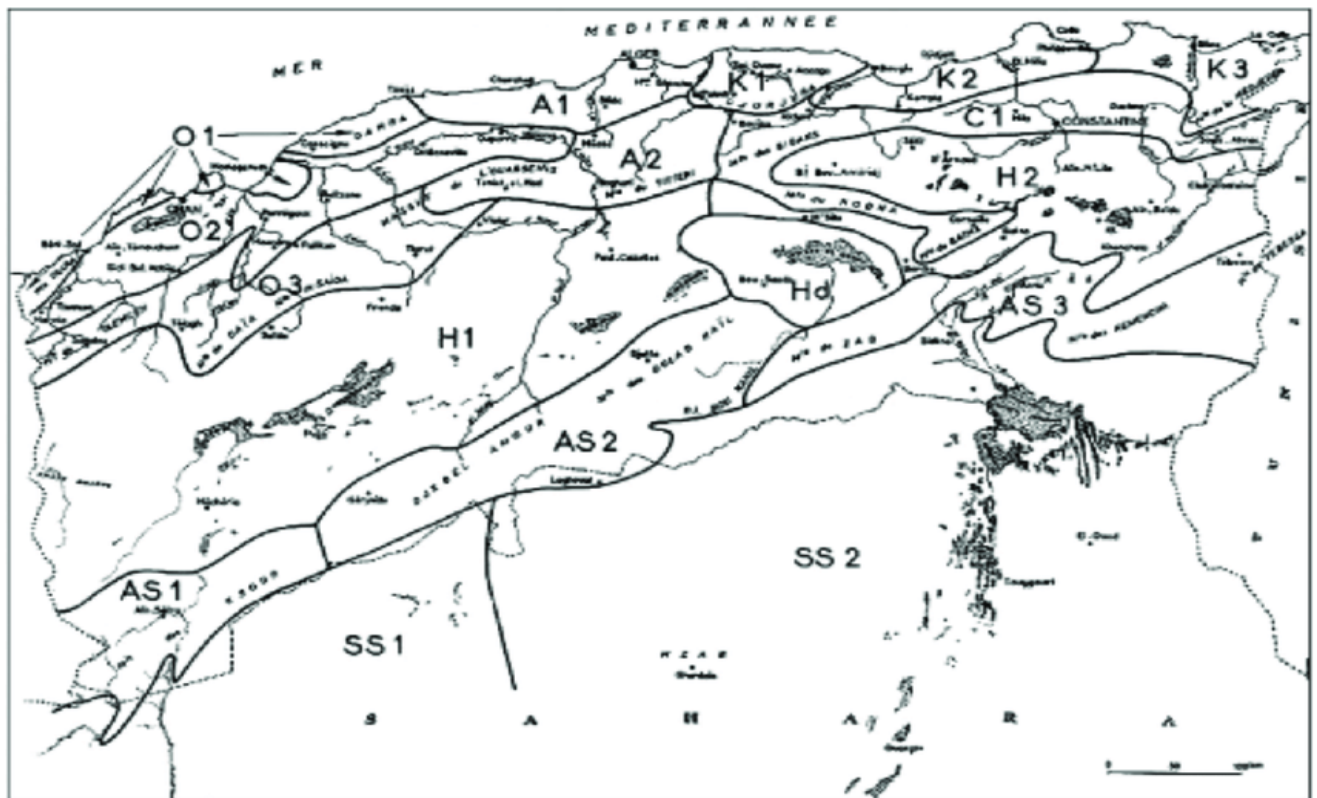


Figure 18: Secteurs phytogéographiques de l'Algérie du Nord d'après Quézel Et Santa (1962-1963)

Chapitre III

Matériels et Méthodes

Pour réaliser cette étude sur les mares temporaires, nous avons combiné différents outils de terrain et méthodes d'analyse. La démarche méthodologique adoptée repose sur plusieurs approches complémentaires. Dans un premier temps, la végétation a été étudiée à travers un inventaire floristique effectué sur le terrain, précédé d'une enquête auprès de la population locale pour recenser les mares existantes. Les indices de diversité floristique, tels que ceux de Simpson et de Shannon, ont ensuite été calculés afin d'évaluer la richesse et l'hétérogénéité des communautés végétales. Parallèlement, l'évolution diachronique et les changements d'occupation du sol ont été étudiés à l'aide d'outils d'analyse spatiale et de l'indice NDWI, permettant de suivre la dynamique des surfaces en eau. Enfin, une enquête socio-économique a été menée auprès des populations locales afin de mieux comprendre les interactions entre l'homme et ces écosystèmes temporaires.

III.1 Matériels utilisés

- **Matériel de terrain**

- GPS : localisation et géoréférencement des mares.
- Carnets de terrain : prise des notes.
- Appareil photo numérique : documentation visuelle des mares et de la flore.
- Règle : pour mesurer la profondeur des mares.

- **Matériel de collecte (herborisation)**

- Sacs: collecte des échantillons botaniques.
- Étiquettes : identification et codage des spécimens récoltés.
- Presse à plantes : séchage et conservation des échantillons.

- **Matériel du laboratoire**

- Loupes binoculaires : observation et étude morphologique détaillée.
- Clés de détermination floristique : identification taxonomique des espèces selon la Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques et méridionales de Quézel et Santa (1962-1963).

III.2 Méthodologie

Le choix de la zone d'étude, revient principalement à son hétérogénéité topographique, aux caractères climatiques où le nord est plus arrosé que le sud et à la rareté des travaux. La méthode adoptée pour recenser et étudier la flore des mares se fait selon deux phases, au début connaître l'existence et la localisation de ces mares en se renseignant auprès de la population locale ; la deuxième phase concerne l'étude par ceintures de leur diversité floristique.

III.2.1 Inventaire des mares

L'inventaire des mares a été réalisé en s'appuyant sur plusieurs guides locaux. Le recensement des mares situées dans les communes d'Ain Abbassa, du Djebel Megriss, Amoucha et de Maouane a été effectué avec l'aide de Mr. Mohamed, habitant du village de Takouka. Pour la commune de Dhamcha, l'accompagnement a été assuré par Mr. Kamel, tandis que les mares de Tachouda, du Djebel Sidi Mimoun, de Ghedir Lmrabta et la mare dans la commune de Djemila ont été prospectées en collaboration avec les circonscriptions forestières d'El Eulma et de Béni Aziz. L'exploration des mares d'Ain El Kbira, de Lahchaichia et des Babors a été conduite sous la supervision du professeur Boulaacheb. L'inventaire des mares des communes Maouaklane et Ain Lagradj a été effectué avec l'appui de professeur Boulaacheb, mon père et en coordination avec la circonscription forestière de Bougaa.

À la suite des informations recueillies lors de ces prospections, les communes à inventorier ont pu être sélectionnées. Une fiche descriptive a ensuite été établie pour chaque mare, comprenant des paramètres tels que la flore, l'altitude, les coordonnées géographiques, l'état en eau, la profondeur, la superficie, l'origine, le type de propriété, l'usage et les menaces (Annexe 1).

III.2.2 Etude floristique

Les mares de la région d'étude ont fait l'objet d'un suivi saisonnier: la végétation est étudiée sur deux périodes (printemps et été) et sur trois cycles hydrologiques 2017-2019. L'inventaire floristique est effectué par ceinture. Parfois l'accessibilité au centre de certaines mares été difficile voire impossible à cause de la profondeur qui dépasse le 1 mètre.

Les espèces sont identifiées selon la flore de Quézel et Santa (1962-1963); la nouvelle nomenclature est mise à jour pour les espèces inventoriées en tenant compte des travaux récents compilés dans l'index synonymique et bibliographique de la flore de l'Afrique du Nord (Dobignard et Chatelain, 2010-2013) et le site web de la base des données des plantes d'Afrique (<http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/recherche.php?langue=fr.>).

III.2.3 Analyse statistique

Les graphiques des spectres biologiques et chorologiques ont été construits grâce à Microsoft Excel année 2010.

III.2.4 Indices de mesure de la diversité floristique

Afin d'évaluer la richesse et la structuration des communautés végétales au niveau des mares, nous avons eu recours à des indices de diversité floristique. L'indice de Shannon (H') a été utilisé pour mesurer la diversité spécifique en tenant compte à la fois du nombre d'espèces présentes et de leur abondance relative, ce qui permet de caractériser l'hétérogénéité des peuplements végétaux.

Parallèlement, l'indice de Simpson (D) a servi à estimer la probabilité que deux individus choisis au hasard appartiennent à la même espèce, traduisant ainsi le degré de dominance ou d'équilibre entre les espèces. L'utilisation combinée de ces deux indices offre une vision plus complète de la diversité floristique et permet de comparer la variabilité écologique entre les différentes mares étudiées.

III.2.4 Evolution diachronique des mares

Pour suivre l'évolution des mares, notamment leur extension, régression ou leur disparition, les sites suivants ont été sélectionnés : la mare d'Oum Lamoudjen (commune d'Ain Abbassa), les mares de Chorfa (commune d'Ain El Kebira), la mare Zaatria située au Djebel Megriss, la mare de Dar El Hamra (commune de Djemila) et la mare de Ghdir El Marabta (commune de Béni Aziz).

Les cartes d'évolution diachroniques des mares ont été réalisées à partir d'images satellitaires à haute résolution spatiale (de l'ordre de 0,5 à 2 m), issues de plateformes de type Google Earth Pro. Les deux scènes utilisées correspondent respectivement aux mois de mars 2010 et mars 2023. Les images exploitées reposent sur des bandes spectrales visibles (rouge, vert, bleu) combinées en composition colorée naturelle, facilitant l'identification des surfaces en eau, de la végétation et des sols nus.

Le traitement de ces images satellitaires a été réalisé à l'aide du logiciel ArcGIS 10.8, en suivant une série d'étapes méthodologiques adaptées à l'analyse diachronique des zones humides.

Dans un premier temps, les images ont été importées et géoréférencées afin d'assurer leur positionnement correct dans le système de coordonnées. Une vérification de la projection a été effectuée pour garantir la superposition précise des images de 2010 et 2023. Ensuite, des opérations d'amélioration visuelle (réglage du contraste et de la luminosité) ont été appliquées pour faciliter l'interprétation des différentes composantes du paysage.

Par la suite, une digitalisation manuelle (vectorisation) a été réalisée à l'écran, permettant de délimiter précisément le contour de la mare pour chaque date. Cette étape a été effectuée en créant des couches vectorielles distinctes, afin de comparer l'évolution spatiale de la surface en eau. Une interprétation visuelle assistée a également permis d'identifier les principales unités d'occupation du sol (zones humides, sols nus, surfaces agricoles).

III.2.5 Occupation du sol

L'étude de l'occupation du sol autour des mares temporaires a pour objectif de caractériser et de quantifier les différents types d'utilisation des terres dans la zone d'étude, ainsi que leur évolution diachronique. Elle permet de mettre en évidence les pressions exercées par les activités humaines (agriculture, urbanisation) et d'analyser leur impact sur la dynamique écologique des mares. Les cartes d'occupation du sol des régions d'Ain Abbassa-Amoucha et Ain ElKebira ont été élaborées à partir

d'images satellitaires multispectrales issues du programme Landsat. L'image de l'année 2007 provient du capteur Thematic Mapper (TM) embarqué à bord du satellite Landsat 5, tandis que celles de 2017 et 2025 sont issues du capteur Operational Land Imager (OLI) du satellite Landsat 8. Ces images présentent une résolution spatiale de 30 mètres pour les bandes multispectrales, permettant une analyse fiable des unités d'occupation du sol à l'échelle régionale. Les dates d'acquisition correspondent respectivement à 2007, 2017 et 2025, choisies de manière à représenter l'évolution diachronique du paysage. Les données ont été téléchargées depuis la plateforme officielle de l'United States Geological Survey. Le traitement des images a inclus des étapes de correction radiométrique et géométrique, suivies d'une classification supervisée basée sur des signatures spectrales des différentes classes (zones humides, végétation, sols nus, etc.). L'ensemble des traitements et de la cartographie a été réalisé à l'aide d'un système d'information géographique (SIG), permettant la production de cartes thématiques fiables pour l'analyse spatio-temporelle des écosystèmes étudiés.

II.2.6 Indice NDWI

L'indice de teneur en eau par différence normalisée (NDWI) (Normalised Difference Water Index) est utilisé pour mettre en évidence les éléments d'eau libre dans une image satellite, permettant à un plan d'eau de se démarquer du sol et de la végétation. Cet indice est calculé par les canaux NIR et vert, il doit être compris entre -1 et 1 (Ceccato et *al.*, 2002).

$$\text{NDWI} = (\text{Green} - \text{NIR}) / (\text{Green} + \text{NIR})$$

Cet indice est calculé par les canaux NIR et vert, il doit être compris entre -1 et 1

Les valeurs NDWI correspondent aux plages suivantes:

- 0,2 à 1: surface de l'eau
- 0,0 à 0,2: inondation, humidité
- -0,3 à 0,0 : sécheresse modérée, surfaces non aqueuses
- -1 à -0,3 : sécheresse, surfaces non aqueuses

Les cartes de l'indice NDWI (Normalized Difference Water Index) des régions : Ain Abbassa-Amoucha et Ain ElKebira ont été élaborées à partir d'images satellitaires multispectrales issues du programme Landsat. Les données utilisées proviennent du capteur Thematic Mapper (TM) pour l'année 2007, et du capteur Operational Land Imager (OLI) pour les années 2017 et 2025. Ces images présentent une résolution spatiale de 30 mètres, adaptée à l'analyse régionale des surfaces en eau. L'indice NDWI a été calculé à partir des bandes spectrales du vert et du proche infrarouge (NIR), selon la formule classique : $\text{NDWI} = (\text{Vert} - \text{NIR}) / (\text{Vert} + \text{NIR})$, permettant de discriminer les zones humides et les surfaces en eau libre. Les images ont subi des prétraitements incluant des corrections radiométriques et atmosphériques afin d'améliorer la qualité des données. Par la suite, un seuillage de l'indice a été appliqué pour distinguer les zones de présence et d'absence d'eau. L'ensemble du traitement et de la

cartographie a été réalisé sous environnement SIG et logiciels de télédétection, garantissant une analyse spatio-temporelle fiable de la dynamique des zones humides entre 2007, 2017 et 2025.

III.2.7 Enquête socioéconomique

Une enquête socio-économique a été conduite entre 2017 et 2018 dans un périmètre d'étude regroupant onze communes (Sétif, El Hachaichia, Djebel Megris, Tachouda, Ain El Kebira, El Maouane, El Dhamcha, Ain Legradj, Maouklane, Djemila et Ain Abbassa). L'enquête a porté sur un échantillon de 70 personnes, sélectionnées de manière arbitraire au sein de la zone d'étude, principalement auprès des habitants vivant à proximité des mares. Le nombre de personnes interrogées a été limité, d'une part, par des contraintes liées à la sécurité et à la difficulté d'accès à certaines mares, et d'autre part, par le refus de certains habitants de participer à l'enquête.

Les administrations locales ont également été sollicitées, en particulier celles des circonscriptions des forêts d'El Eulma, de Béni-Aziz et d'Ain Abbassa, en raison de leur rôle et de leurs compétences dans le domaine de l'écologie.

Deux types de questionnaires ont été élaborés (Annexe 2,3)

Le premier, destiné à la population locale, abordait plusieurs thématiques, notamment les caractéristiques socio- démographiques des personnes interrogées (Age, sexe, profession, niveau d'éducation, civilité), les informations relatives aux mares (privée ou étatique, usages actuels et menaces), dans le but d'évaluer la relation entre les habitants et ces écosystèmes temporaires ainsi que l'impact de leurs pratiques sur leur état de conservation. Le second, adressé aux administrations locales, ciblait spécifiquement les personnes travaillant dans le domaine de l'écologie et visait à recueillir leur perception et leur vision des mares en tant qu'écosystèmes.

Dans les deux cas, les entretiens se sont déroulés en dialecte local, avec une durée variable selon la disponibilité des participants. Certaines discussions ont pu atteindre une demi-heure. Les réponses obtenues ont ensuite été traduites en français.

Le traitement des résultats de l'enquête a été effectué à l'aide du logiciel Excel. Les réponses recueillies à partir des questionnaires ont d'abord été saisies dans des tableaux, ce qui a permis de structurer les données socio-économiques. Ensuite, des calculs statistiques ont été réalisés et les résultats ont été représentés sous forme de graphiques.

Chapitre IV

Résultats et Discussion

IV.1 Identification des mares

IV.1.1 Inventaire des mares

Avant d'entamer l'inventaire des mares sur terrain, la première démarche a consisté en la consultation des cartes topographiques de la wilaya de Sétif feuilles n° 1, 2, 3 et 4 au à 1/25 000, et les cartes de Kherrata feuilles n° 3, 4, 5, 6, 7 et 8 à l'échelle de 1/25 000 dans le but de localiser les mares existantes. Cette analyse cartographique a révélé que seules les mares d'Ooker, situées dans Djebel Megriss, y étaient mentionnées. Face à cette lacune, un travail de terrain a été entrepris, reposant à la fois sur des enquêtes auprès des populations locales et sur des visites effectuées au niveau des circonscriptions forestières, notamment dans les communes de Béni Aziz, Ain Abbassa, El Eulma et Bougaa.

Au total, treize communes sur un total de 32 ont été prospectées, situées au nord du Sétifois. L'inventaire a permis de recenser 106 mares, dont 105 sont d'origine naturelle et une mare artificielle (Figure 19). Dans la commune d'Ain ElKebira, les mares se localisent au nord, principalement à Sarfda (8 mares), Chorfa (4 mares) et Ouled Moumen (6 mares). La commune des Babors compte (04 mares), réparties entre la station de Bir El Djenoune (02 mares) et une mare dans chacune des stations de Telejane et de Malbouna. La commune de Béni Aziz comprend quant à elle deux stations réparties entre Djebel Sidi Mimoun une seule mare et Ghedir El Mrabta (3 mares). À Djemila, une seule mare a été recensée à El Dar El Hamra, alors que la commune de Tachouda, notamment à Chaabet Diba, en compte huit. Au niveau El Hachaïchia deux mares ont été invntoriées. Dans la commune de Dhamcha, trois stations ont été inventoriées Bouasfour (01 mare), Zadia (Ferme Benstiti Toufik, 01 mare) et Laamara (01 mare). El Maouane se distingue par la présence de 16 mares, tandis qu'à Ain Abbassa et Ain Legradj une seule mare est recencée pour chaque commune. Six mares sont recensées dans la station Boudrayem dans la commune de Maouklane. Le plus grand nombre de mares a été recensé au niveau de Djebel Megriss (41 mares). Une seule mare artificielle a été identifiée au sein du campus universitaire Ferhat Abbas (Maabouda).

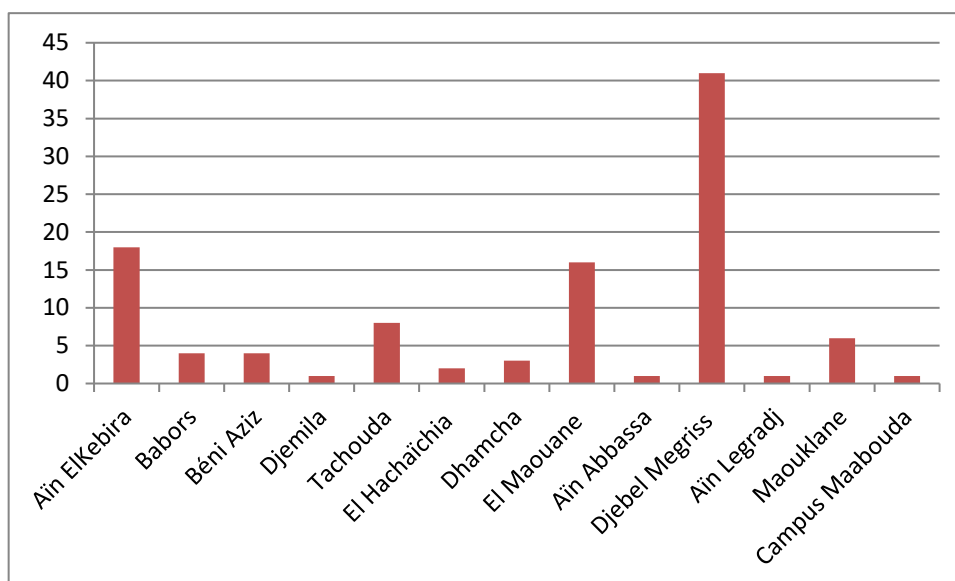


Figure 19: Nombre des mares par commune.

IV.1.2 Typologie des mares

Nous avons recensée 106 mares. Elles sont classées en trois catégories selon leurs superficies (Tableau 3).

Tableau 3: Les catégories des mares selon leur superficie

Les catégories	Les superficies (m ²)
Grandes mares	1000-8000
Moyenne mares	400-900
Petites mares	20-400

• Les grandes mares

Nous avons inventorié 12 grandes mares, avec des paramètres écologiques variables (localisation, superficie, profondeur), et des similitudes tels que leur état presque humide tout au long de l'année, liés aux fluctuations pluviométriques, l'étendue de ces mares variée de 1000-8000 m² avec une profondeur atteignant parfois 2 m. Parmi ces grandes mares nous citons : les mares Oum Lamoudjene située au Nord-ouest et Zaatria localisée au Djebel Megriss, la mare Dar El Hamra à l'Est de la commune de Djemila et la mare Ghedir El-Mrabta au Nord-Est de la commune de Béni-Aziz (Figure 20).

La flore vasculaire se compose essentiellement du centre vers la périphérie: *Mentha aquatica* L., *Carex divisa* Huds., *Carex acutiformis* Ehrh., *Juncus conglomeratus* L., *Juncus acutus* L., *Glyceria fluitans* (L.) R.BR., *Alopecurus bulbosus* Gouam., *Ranunculus aquatilis* L., *Alisma plantago-aquatica* L., *Typha angustifolia* L., *Lemna minor* L., *Lathyrus pratensis* L., *Ornithogalum umbellatum* L., *Rumex pulcher* L., *Galium palustre* L., *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult., *Ranunculus macrophyllus* Desf., *Capsella bursa-pastoris* L., *Cardamine parviflora* L., *Nasturtium officinale* R. Br., *Cerastium atlanticum*

Dur. En période estivale le niveau de l'eau diminue et le centre de la mare se remplit de: *Rumex conglomeratus* L., *Mentha pulegium* L., *Juncus effusus* L., le cas de la mare de Oum Lamouadjene visitée le 02/08/2018. La flore non vasculaire est formée d'algues telles que *Siprogyra* sp, *Zygnema* sp, *Chara* sp. Elles se caractérisent par une richesse faunistique importante (Tortues, Sangsues, Grenouilles, Libellules, Papillons, Criquets, Abeilles, Canards).

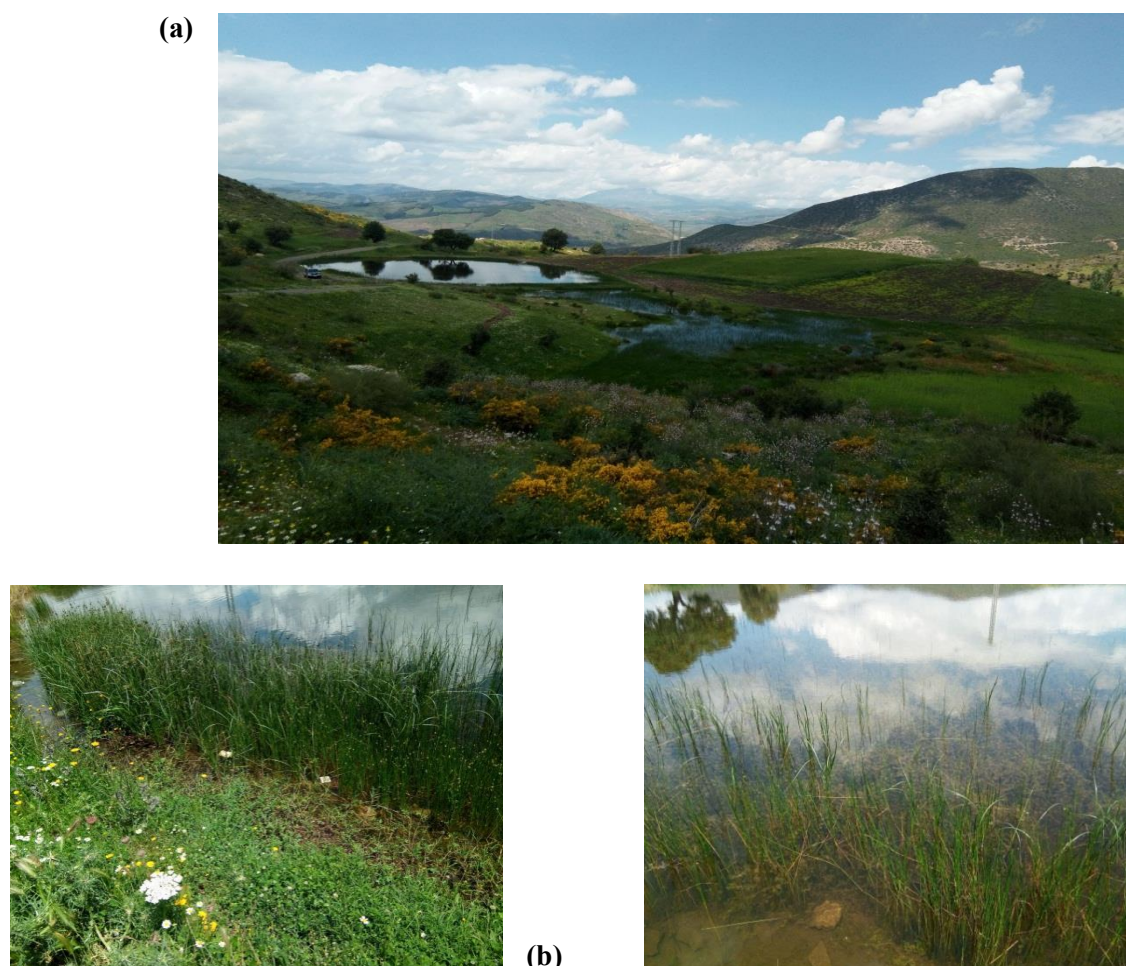


Figure 20: (a) mare El Dar Elhamra –commune de Djemila- (b) ceinture mare El Dar Elhamra –commune de Djemila- (c) centre mare El Dar Elhamra –Commune de Djemila-

• Les mares moyennes

Ce sont les plus abondantes, de taille variable (400-900 m²), elles apparaissent peu profondes 15 centimètres à un mètre (Figure 21). Leur immersion est de 5-7 mois. Elles abritent: *Jacobaea gigantea* (Desf.) Pelser, *Juncus inflexus* L., *Oenanthe globulosa* L., *Rumex conglomeratus* Murray, *Galium palustre* L., *Alisma plantago-aquatica* L., *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult., *Callitriche hamulata* Kütz., *Ranunculus ophioglossifolius* Vill, *Callitriche obtusangula* Le Gall, *Sparganium erectum* L., *Carex divisa* Huds., *Mentha*

aquatica L., *Ranunculus lateriflorus* DC., *Ranunculus aquatilis* L., *Ranunculus trichophyllus* Chaix., *Nasturtium officinale* R. Br., *Juncus heterophyllus* Desf., *Alopecurus bulbosus* Gouam., *Plantago major* L.

Une fois les mares asséchées, d'autres plantes apparaissent, *Apium graveolens* L., et *Epilobium parviflorum* Schreb., *Isolepis setacea* (L.) R.Br., *Trifolium pratense* L., *Mentha pulegium* L., *Cynodon dactylon* (L.) Pers.

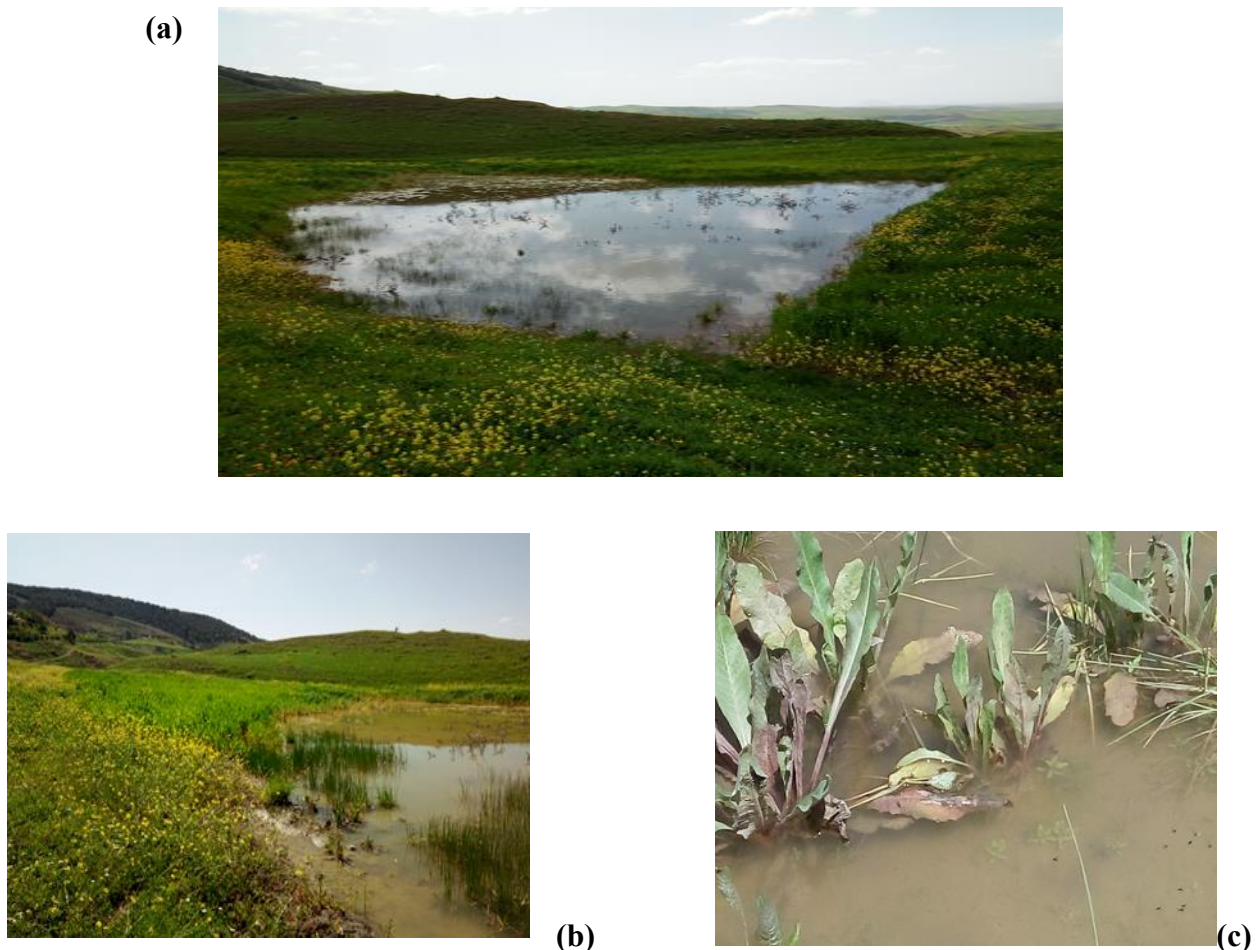


Figure 21: (a) mare Chaabet Diba -Commune de Tachouda- (b) Ceinture mare Chaabet Diba -Commune de Tachouda- (c) Centre mare Chaabet Diba -Commune de Tachouda

• Les petites mares

La région d'étude contient de nombreuses petites mares de différente superficie (20-400 m²), et d'une profondeur allant de 10-20 cm (Figure 22). Sur le plan floristique on note la présence de: *Juncus maritimus* Lamk., *Juncus inflexus* L., *Equisetum maximum* Lamk, *Apium graveolens* L., *Bolboschoenus maritimus* L., *Mentha rotundifolia* L., *Cynosurus polybracteatus* Poir., *Bromus hordaceus* L., *Solenopsis laurentia* (L.) C.Presl, *Callitriche palustris* L., *Eryngium pusillum* L., *Alopecurus pratensis* L., *Trifolium pratense* L., *Trifolium repens* L., *Polycarpon tetraphyllum* (L.) L., *Plantago lagopus* L., *Dactylorhiza maculata* (L.) Soó, *Dactylorhiza elata* (Poir.) Soó. La plupart de ces mares se dessèchent en été où la végétation aquatique est remplacée par une végétation transitoire comme : *Polypogon monspeliensis* (L.) Desf. *Verbena officinalis* L.,

Ammoides pussila (Brot) Briestr, *Delphinium mauritanicum* Coss., *Scabiosa columbaria* L., *Centaurea parviflora* Desf., *Poa trivialis* L., *Epilobium parviflorum* Schreb.

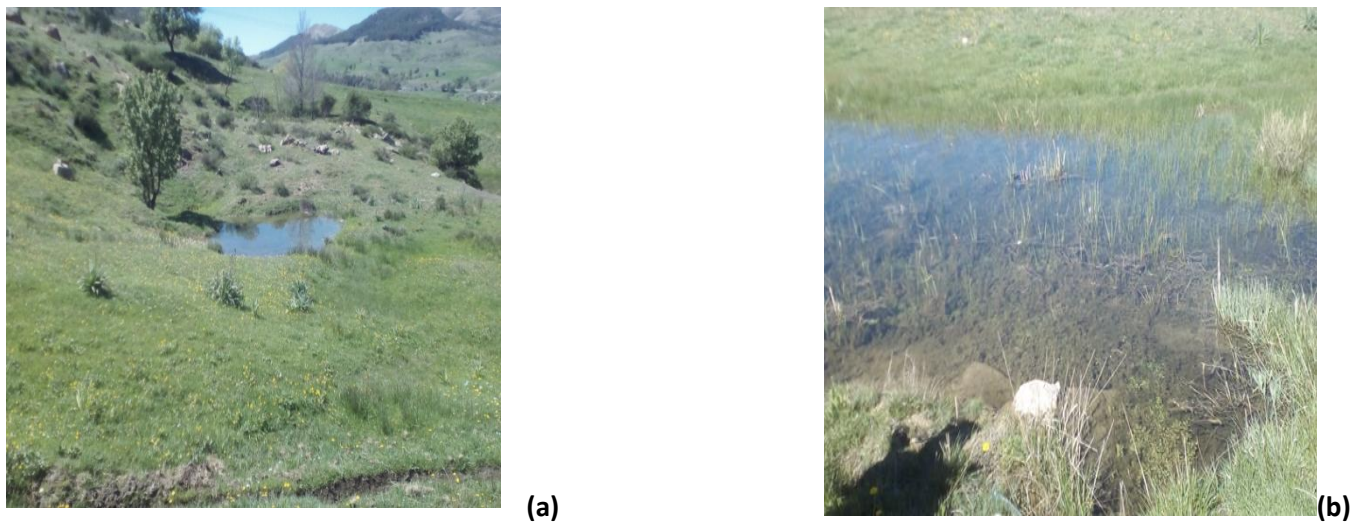


Figure 22: (a) Mare Sarfda -commune d'Ain El Kebira- (b) Ceinture et centre mare Sarfda -Commune d'Ain El Kebira-

IV.1.3 Localisation des mares

Toutes les mares se localisent dans la partie nord du Sétifois. Cette concentration dans le nord est principalement liée au climat de la région qui est plus arrosé que le sud. La carte de localisation des mares est réalisée sur la base des coordonnées géographiques relevées sur terrain à l'aide du « GPS » et en utilisant le logiciel Arc GIS (Figure 23).

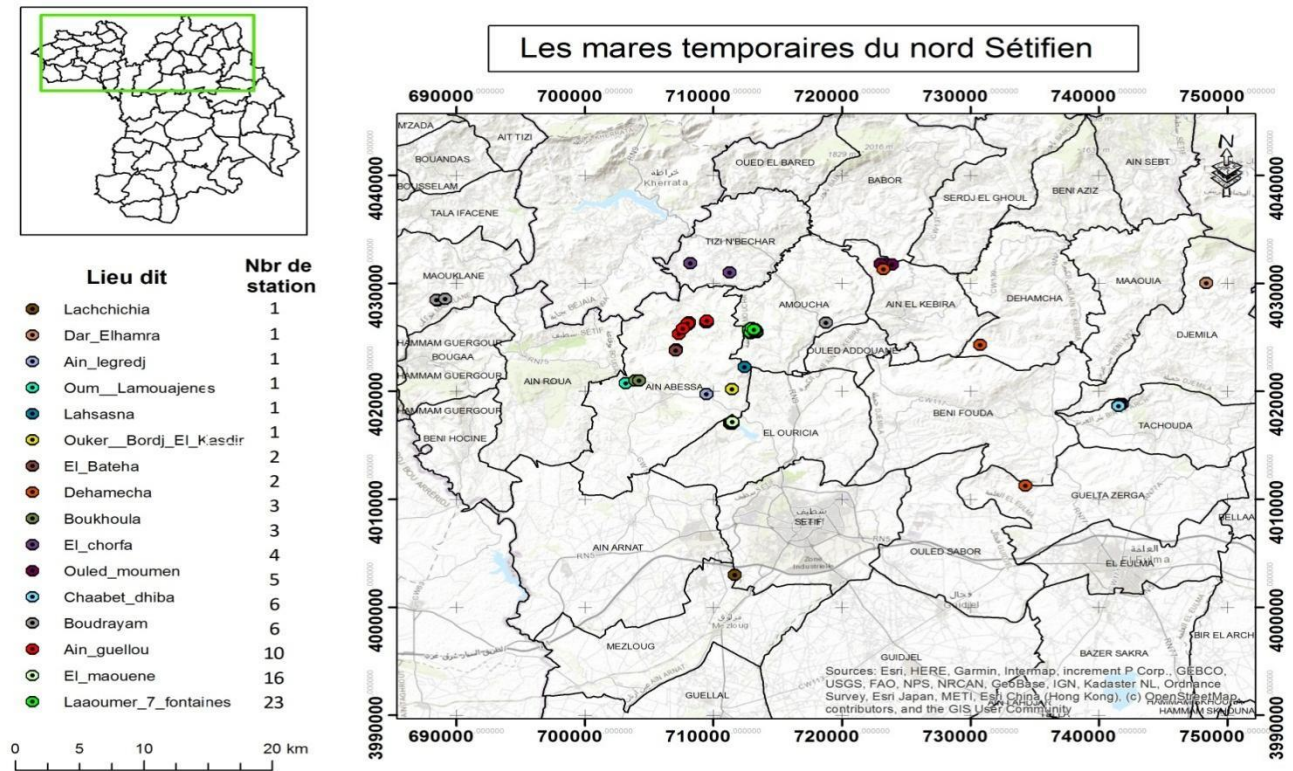


Figure 23: Carte de localisation des mares dans le Sétifois (Réalisée par Zerroug K., 2024)

IV.2 Inventaire floristique

IV.2.1 Richesse spécifique

Sur les 106 mares inventoriées, nous avons recensées 139 espèces appartenant à 35 familles botaniques. Les Poacées représentent (13.76%) de la flore globale, suivies par les Renonculacées (9.42%), les Apiacées (8.69%). Les Juncacées, Astéracées, Fabacées comptent (8%) pour chacune. Les Cypéracées présentent (6.52%), les Lamiacées composent (4.34%). Les Callitrichacées constituent (3.62%). Les Caryophyllacées, les Brassicacées et les Plantaginacées présentent 2.89% chacune. Les Polygonacées comptent 2.17%. Cinq familles avec deux espèces soit (1.44%) pour chaque famille et celles avec une seule espèce (17 familles) présentent (0.72%) pour chacune.

IV.2.2 Diversité floristique

La flore étudiée est dominée par les angiospermes dicotylédones, qui constituent le groupe systématique le plus important avec 90 espèces appartenant à 24 familles et 57 genres. Les monocotylédones regroupent 48 espèces réparties en 10 familles et 29 genres. On note également la présence d'une ptéridophyte, tels que *Equisetum maximum* Lamk., appartenant à la famille des Équisétacées et au genre *Equisetum* (Annexe 4).

Les prospections réalisées ont permis d'observer une espèce de Characées: *Chara sp* et *Juncus inflexus*. Elles sont considérées comme les bio indicateurs de la qualité des eaux stagnantes, car elles déclinent

rapidement en cas d'eutrophisation (Lambert et al., 2011), d'autres espèces bio indicatrices des habitats mésotrophes sont recensées, le cas d'*Alisma plantago aquatica*, *Eleocharis palustris*, *Galium palustre*, *Carex divisa*, *Oenanthe fistulosa* (Schoof-VanPelt, 1973 et De Foucault 1988). La présence des *Equisetum* indique des substrats argileux et humides, le *Sparganium erectum* indique des eaux bien minéralisées et neutrophiles (mares de Ain ElKebira et Djebel Megriss). *Nasturtium officinale* est l'espèce indicatrice des eaux oligotrophes, peu minéralisées, sur substrat siliceux, acides et se développe dans les eaux profondes. *Ranunculus aquatilis* est une hydrophyte des eaux calmes (Boulaacheb, 2009).

L'inventaire a permis la découverte pour la première fois des espèces : *Elatine alsinastrum* L. et *Isoetes longissima* Bory & Durieu signalée par Quézel et Santa (1962) dans la Numidie (Figure 24).



Figure 24: (a) *Elatine alsinastrum* L.

(b) *Isoetes longissima* Bory & Durieu

IV.2.3 Rareté

Selon le rapport national (2014), les espèces plus ou moins rares, tirées de l'analyse de la flore de Quézel et Santa (1962) seraient au nombre de 1818 (1185 espèces, 455 sous-espèces et 178 variétés) pour l'ensemble du territoire national. Le sous-secteur des hauts plateaux constantinois (H2) auquel appartient le Sétifois compte 159 espèces rares (Quézel et Santa, 1962). Sur les 159 espèces, nous avons recensé 10 espèces rares (Tableau 4). Ce faible nombre en espèces rares est probablement dû au type d'habitats inventoriés. Selon Pimm et al., (1988) et Gaston (1991), les espèces rares ont une grande valeur en termes de conservation, soit pour des raisons patrimoniales, soit pour leur risque d'extinction.

Tableau 4: Liste des espèces rares

Espèces (Dobignard et Chatelain, 2010–2013)	(Quézel et Santa, (1962)
<i>Eryngium campestre</i> L.	AR
<i>Cerastium atlanticum</i> Dur.	AR
<i>Trifolium pratense</i> L.	AR
<i>Phalaris paradoxa</i> L.	R
<i>Centaurea parviflora</i> Desf.	AR
<i>Mentha aquatica</i> L.	AR
<i>Ranunculus ophioglossifolius</i> Villars.	R
<i>Ranunculus lateriflorus</i> DC.	R
<i>Eryngium pusillum</i> L.	R
<i>Selinopsis foetida</i> Coss. & Durieu ex Batt	R

Sur les 452 espèces figurants sur la liste des plantes protégées en Algérie, publiée en 2012, dix espèces sont recensées : *Juncus bulbosus* L., *Cardamine parviflora* L., *Sparganium erectum* L., *Isolepis setacea* (L.) R.Br., *Callitriche palustris* L., *Centaurea amara* L., *Epilobium parviflorum* Schreb., *Ranunculus flammula* L., *Scrophularia tenuipes* Coss. et Dur., *Selinopsis foetida* Coss. & Durieu ex Batt.

IV.2.4 Type biologique

La composition du spectre biologique global montre que les hémicryptophytes prédominent (70 espèces) suivies des thérophytes avec 49 espèces (Figure 25). Il est à signaler que les mares d'El Chorfa (Commune Ain ElKebira), Djebel Sidi Mimoune El Ghdir (Commune Beni Aziz) et Chaabeet Diba (Commune Tachouda) comptent à elles seules 27 espèces annuelles. Le taux élevé des thérophytes indique une influence importante du pâturage non contrôlé qui se traduit par la réduction de la richesse des communautés (Ranwell 1972, Jensen 1985, Bakker 1989, Sternberg et al. 2000, Ammami, 2010, Ferchichi-Ben Jamaa, 2014). Généralement, les mares sont caractérisées par des communautés de plantes dominées par des annuelles, adaptées à l'alternance de phases sèches et humides, et à une grande variation interannuelle dans les hauteurs et les durées d'inondation (Médail et al., 1998, Rhazi et al., 2006). Barbéro et al., (1981) expliquent la thérophytisation par le dernier stade de dégradation des écosystèmes. Selon Barbéro et al., (1989), la dominance des hémicryptophytes revient à la pluviosité et le froid qui règne surtout en hiver, et peut s'expliquer par la richesse du sol en matière organique et l'humidité. Les géophytes sont significativement assez représentées (20 espèces), en tant que vivaces les géophytes sont moins influencées par le pâturage et résistent grâce à leur tiges souterraines.

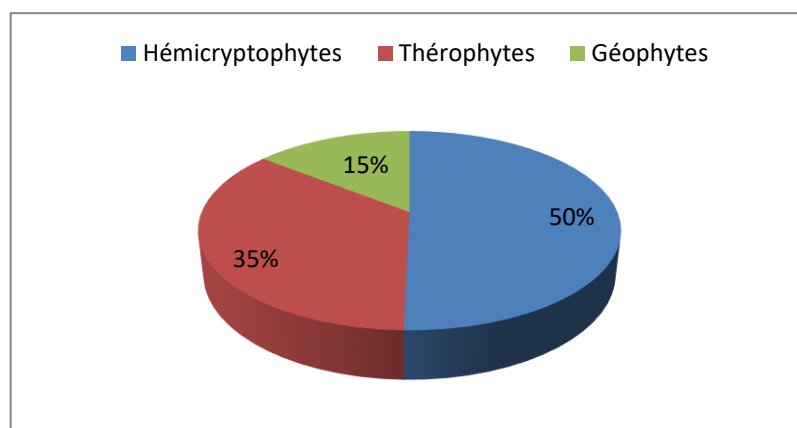


Figure 25: Spectre biologique global

IV.2.5 Répartition géographique

La figure 26 montre la répartition biogéographique des 139 espèces listées en quatre ensembles:

-L'ensemble méditerranéen

Sur les 139 espèces listées, 26 sont méditerranéennes. Les familles les mieux représentées sont les Astéracées (04 espèces), les Apiacées (03 espèces) et les Renunculacées (03 espèces) et les Fabacées (02 espèces).

-L'ensemble septentrional

Cet ensemble compte 52 espèces soit 37% de la flore répertoriée, ces résultats sont comparables à ceux de Boulaacheb, (2009). Sur les 35 familles, 24 sont riches en cet élément, les plus importantes sont les Juncacées, les Renunculacées (06 espèces chacune), et les Poacées avec 05 espèces, les Cypéracées et les Fabacées (04 espèces chacune), les Apiacées et les Lamiacées avec 02 espèces chacune.

-Large répartition

Les espèces de cet ensemble sont au nombre de 47, dont 16 espèces sont des cosmopolites et subcosmopolites. Les Paléo subtropicales comptent 04 espèces : *Isolepis setacea* (L.) R.Br; *Anisantha rubens* L.; *Polypogon monspeliensis* (L.) Desf.; *Lolium rigidum* Gaud.

-L'ensemble endémique

Selon Yahi et al, (2012), le nombre d'espèces endémiques algériennes strictes est de 300 espèces. Le nombre des endémiques présentes dans nos mares est relativement faible, nous avons inventorié 10 espèces: les endémiques et les endémiques Nord-Africaine au sens large et endémique Algéro-Tunisiennes au sens strict.

-Endémique Nord-Africaine: *Cerastium atlanticum* Dur., *Delphinium mauritanicum* Coss., *Jacobaea gigantea* (Desf.) Pels., *Oenanthe virgata* Poir.

-Endémique Algéro-Tunisiennes: *Cynosurus Polybracteatus* Poiret., *Centaurea Parviflora* Desf., *Centaurea amara* L.

-Endémique: *Scrophularia tenuipes* Coss. Et Dur., *Epilobium parviflorum* Schreb., *Selinopsis foetida* coss. & Durieu ex Batt.

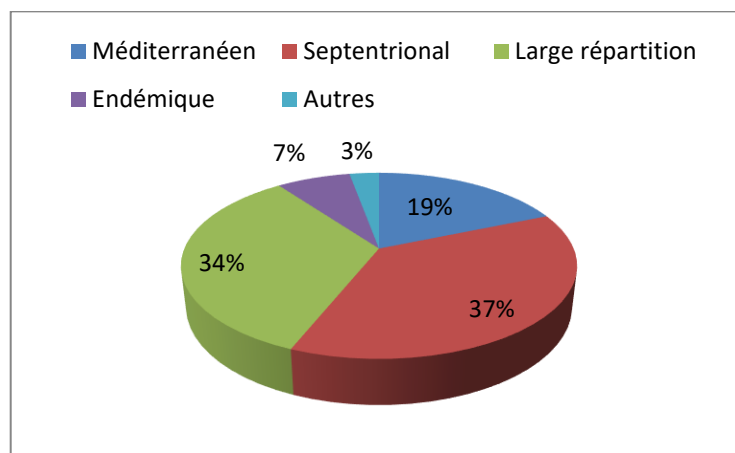


Figure 26: Spectre Chorologique

IV.2.6 Organisation spatiale de la végétation

Les résultats obtenus révèlent une structuration des mares en trois ceintures concentriques :

Une première ceinture correspondant à des pelouses composées d'espèces méso hygrophytes comme :

Carex distans L., *Bromus hordeaceus* L., *Leontodon tuberosus* L., *Capsula bursa pastoris*, L. *Mentha pelgium* L., *Eryngium campestre* L., *Ornithogallum umbellatum* L., *Silene gallica* L., *Cynodon dactylon* (L.) Pers.

-Une deuxième ceinture à base de Joncs accompagnées de *Trifolium pratense* L., *Oenanthe virgata* Poir, *Oenanthe fistulosa* L., *Carex divisa* Huds., *Jacobaea gigantea* (Desf.) Pelser, *Festuca arundinacea* (Sch.) Hack, *Galium palustre* L., *Mentha aquatica* L., *Cerastium atlanticum* Dur.

-Une troisième ceinture (en eau jusqu'au mi de juillet au plus tard le mi d'aout) colonisée par les espèces aquatiques et /ou amphibies telles que: *Ranunculus aquatilis* L., *Alisma plantago aquatica* L., *Ranunculus ophioglossifolius* Vill, *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult., *Ranunculus lateriflorus* DC, *Glyceria fluitans* (L.) R.BR.

Les résultats sur l'organisation spatiale de la végétation dans les 106 mares inventoriées sont comparables à ceux de Boulaacheb, (2009). Selon Deil, (2005), cette structuration est liée au gradient de profondeur de l'eau et à la durée de submersion. Cette structure a été également observée au Maroc (Rhazi et al, 2006) et en Sardaigne (Bagella et al, 2009). Elle semble être caractéristique des mares méditerranéennes formées d'une zone externe dominée par des espèces terrestres, une zone intermédiaire dominée par des espèces amphibies et une zone centrale dominée par des espèces aquatiques. La grande

richesse temporaire est souvent expliquée par la caractéristique fonctionnelle des mares notamment l'alternance de phase inondée et sèche qui permettent la coexistence d'un cortège hétérogène d'espèces (aquatique, amphibie, terrestre) (Bouldjedri et *al.*, 2011). La majorité des mares en saison estivale se couvrent d'espèces comme: *Mentha pulegium* L., *Juncus effusus* L., *Rumex conglomeratus* Murray, *Delphinium mauritanicum* Coss., *Phalaris paradoxa* L., *Verbena officinalis* L., *Scabiosa columbaria* L., *Rostraria cristata* (L.)Tzvelv, *Bromus lanceolatus* Roth.

IV.2.7 Mesure de la diversité floristique des mares étudiées

La diversité floristique des mares étudiées a été évaluée à l'aide de deux indices complémentaires : l'indice de Shannon-Weaver (H') et l'indice de Simpson (D). L'utilisation conjointe de ces deux indices permet d'obtenir une vision plus complète de la diversité floristique. L'indice de Shannon mesure à la fois la richesse spécifique, tandis que l'indice de Simpson pondère davantage l'abondance relative, mettant en évidence la dominance de certaines espèces.

Formule de l'indice de Shannon (H') :

$H' = - \sum (P_i \log_2(P_i))$, où P_i est la proportion (ou abondance relative) de l'espèce i .

La valeur moyenne obtenue pour l'ensemble des mares est de $H' = 3,20$, traduisant une richesse floristique importante. Cependant, certaines mares présentent des niveaux de diversité plus faibles, comme Dar El-Hamra (Commune de Djemila) avec $H' = 0,40$ et Zaatria (Commune d' Ain Abbassa) avec $H' = 0,37$.

Formule de l'indice de Simpson (D) :

$$D = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Dans notre étude, l'indice de Simpson est de $D = 0,123$ (plus la valeur est proche de 1, plus la diversité est élevée) ce qui indique une diversité relativement riche.

IV.3 Interaction faune-flore dans les mares du Sétifois

Afin d'apporter des connaissances sur les interactions entre la faune et la flore, nous avons adopté le schéma présenté ci-dessous (Figure 27). À la base de cette pyramide se trouve la flore aquatique, composée des microphytes et macrophytes, qui jouent le rôle de producteurs primaires. Les microphytes regroupent les algues unicellulaire et pluricellulaire tandis que les macrophytes incluent les plantes aquatiques telles que *Typha angustifolia* L., *Juncus acutus* L., *Lemna minor* L. Elles constituent l'habitat nécessaire à la reproduction et à l'alimentation d'une faune menacée: Amphibiens (Rana, Bufo,...), Insectes (Odonata, Meligethes,...), Crustacés (Diaphanosoma, Daphnia ...), Oiseaux (Anas, Ciconia, Bubulcus...). Ces végétaux assurent la production de matière organique et d'oxygène, filtrent l'eau et

offrent nourriture et habitat pour la faune aquatique et terrestre (Boulaacheb et *al* ; 2019). Le deuxième niveau trophique des mares est occupé par les consommateurs primaires, constitués d'organismes herbivores se nourrissant de la flore aquatique, tels que le cheptel, le sanglier, les têtards d'amphibiens et les larves d'insectes phytophages. Certains insectes aquatiques comme les coléoptères, les hémiptères, les diptères, les éphéméroptères consomment également des végétaux aquatiques ou du phytoplancton (Lancaster & Downes, 2018). Plus discrets, les crustacés constituent un lien vital dans le réseau trophique entre les producteurs primaires (algues et herbes aquatiques) et les niveaux trophiques supérieurs. Elles se nourrissent en tant que détritivores, herbivores, omnivores et carnivores (Suhaimi et *al*, 2024). Les planorbes, escargots d'eau douce, se nourrissent principalement d'algues et de matières végétales décomposées, tandis que les vers de vase consomment les déchets organiques de la mare et constituent une source alimentaire pour les poissons, tritons et autres batraciens (Joo et *al.*, 2020).

Les consommateurs secondaires, principalement carnivores, comprennent les libellules, les grenouilles adultes et les poissons prédateurs qui se nourrissent de têtards, d'insecte aquatique tel que les odonates qui apprécient également ces petites zones humides (Sajaloli, 2005). Le cas des mares Zaatria et Dar ElHamra où nous avons observé la présence des tortues, libellules, poissons, ect. Selon le même auteur, ces insectes sont d'assez bons indicateurs de la qualité globale du milieu. Leur diversité est très liée au degré d'ouverture de la végétation. Samraoui et *al.*, (2006), rapportent que les consommateurs secondaires se nourrissent aussi des petits crustacés, tels que les anostracés (*Chirocephalus diaphanus*, *Tanytarsus stagnalis*), les notostracés (*Lepidurus apus lubbocki*) et les conchostracés (*Cyzicus tetracerus*).

Les amphibiens constituent un élément important de la diversité animale des mares, parce qu'ils y trouvent souvent des habitats particulièrement favorables, voire uniques. Il ne s'agit toutefois pas d'espèces indicatrices de la biodiversité générale (Sajaloli, 2005). Ils sont communs dans les mares et pour certaines espèces comme le Crapaud berbère *Bufo mauritanicus* ou la Rainette méridionale, *Hyla meridionalis*, occupent une position intermédiaire : leurs larves (têtards) sont herbivores alors que les adultes deviennent carnivores (Ben Hassine et *al.* 2012, Escoriza, 2017).

Les oiseaux comme l'Aigrette garzette, *Egretta garzetta*, ou le Héron garde-bœufs, *Ardea ibis*, qui visitent régulièrement les mares, se nourrissent principalement de poissons, d'amphibiens et d'insectes (Samraoui et *al*, 2006).

Les troisième consommateurs sont les vertébrés, bien que minoritaires, sont une composante importante de la structure et du fonctionnement des mares. L'homme se place au sommet de la pyramide en tant que super-consommateur par ses activités (chasse, pêche, pâturage, culture, irrigation), il influence fortement l'équilibre écologique de la mare, pouvant en perturber le fonctionnement ou au contraire, participer à sa

préservation lorsqu'il adopte une gestion durable (Ordiz et *al.*, 2021). L'exemple des mares Zaatria dans Djebel Megriss et la mare Dar Elhamra dans la commune de Djemila.

Suite à notre enquête certains herbivores consomment des bulbes et tubercules qui constituent une ressource alimentaire importante pour les animaux aquatiques, il s'agit des canards qui fouillent la vase pour atteindre les tubercules des espèces suivants : *Butomus umbellatus* L., *Sparganium erectum* L., *Juncus acutus* L., *Bolboschoenus maritimus* L. Lorsque certaines mares sont asséchées, les mammifères herbivores (sanglier) déracinent les plantes pour manger les parties souterraines.

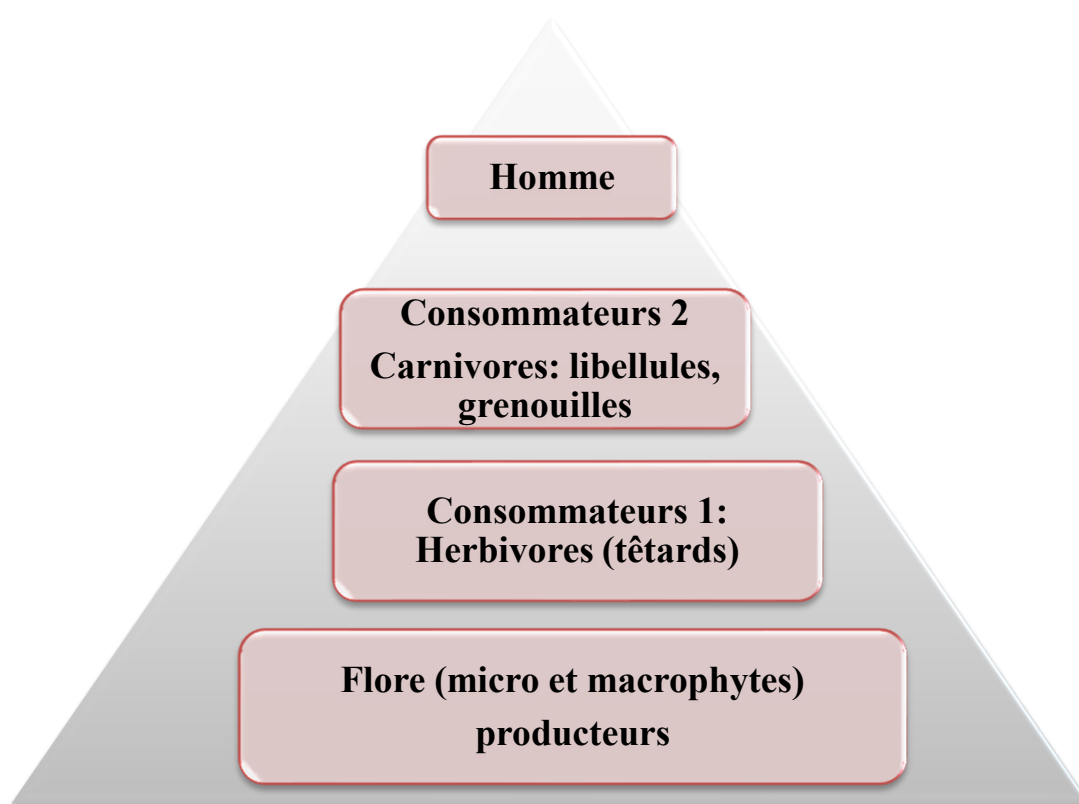


Figure 27: Interaction faune-flore dans les mares temporaires du Sétifois

IV.4 Action anthropique sur les mares

La dynamique des mares est fortement conditionnée par l'action combinée de l'homme et de son troupeau. L'accessibilité de ces milieux aux troupeaux exerce une contrainte directe sur la végétation. Le broutage non sélectif peut induire la disparition des espèces rares (*Ranunculus ophioglossifolius* Villars., *Ranunculus lateriflorus* DC., *Phalaris paradoxa* L., *Cerastium atlanticum* Dur., *Centaurea parviflora* Desf.) ou vulnérables (*Eryngium pusillum* L., *Epilobium parviflorum* Schreb., *Dactylorhiza maculata* (L.) Soó, *Dactylorhiza elata* (Poir.) Soó *Isoetes longissima* Bory & Durieu, *Elatine alsinastrum* L.), et leur remplacement par des espèces tolérantes aux perturbations comme *Asphodelus ramosus* L. espèce indicatrice de surpâturage, et abondantes dans les premières ceintures de certaines mares (mares Chaabet Diba commune Tachouda et les mares du Djebel Megriss, mares Boudrayem commune Maouklane). Un

état déjà signalé par Boulaacheb *et al.*, (2007). Ce phénomène confirme l'hypothèse selon laquelle le pâturage intensif tend à homogénéiser la composition végétale des milieux aquatiques temporaires (Ferchichi-Ben Jamaa, 2014).

Par ailleurs, la flore des mares constitue une ressource exploitée localement pour des usages thérapeutiques traditionnels comme : *Mentha pulegium* L., *Apium graveolens* L., *Ocimum basilicum* L., *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter, *Rumex pulcher* L., *Verbena officinalis* L. Elles sont utilisées dans les traitements des fièvres, les douleurs, les rhumatismes et les maladies respiratoires. Malgré que les feuilles sont les plus utilisées, les plantes sont récoltées en entier ce qui peut impacter la diversité floristique des mares.

D'autres plantes sont utilisées dans l'artisanat. Selon les enquêtés, le *Juncus acutus* L. est utilisé traditionnellement pour la fabrication de divers objets en appliquant la techniques de tressage: paniers, corbeille, tapis. Après leur récolte, puis leur séchage à l'air pendant quelques jours, la plante est conservée à l'ombre afin de maintenir sa souplesse et sa durabilité pour un usage ultérieure. Ces produits artisanales, sont localement commercialisés aux herboristes. Aussi, il est à signaler que certains usagers des mares usent la terre pour faire de la poterie (Tadjine, gourde, tasse).

Cette appropriation des ressources, bien qu'ayant un intérêt socio-économique, peut accentuer la pression exercée sur certaines populations végétales (Bouahim *et al.*, 2014), le cas des mares Laamara commune de Dhamcha et Laouamer commune Amoucha.

L'anthropisation concerne aussi la faune, par le biais de la chasse, notamment des populations d'anatidés dans les mares de Dar El Hamra commune de Djemila et mare Zatria à Djebel Megriss, mare Oum Lamouadjén commune Ain Abbassa. La thérapie traditionnelle sur place par les sangsues entraîne une contamination du milieu par le sang des patients ceci peut endommager la flore et en particulier la faune.

L'impact anthropique s'exprime également à travers les pratiques agricoles qui peuvent inclure l'utilisation de pesticides et d'engrais chimiques, le drainage ou le comblement des mares pour étendre les cultures. L'apport d'engrais phosphatés et azotés entraîne une eutrophisation progressive des eaux. Ce processus est observé dans les mares d'Ain Elkebira, Djebel Megriss. Cet apport est reconnu comme l'un des principaux facteurs de dégradation de la qualité écologique des zones humides (Moss, 2017).

Le piétinement des berges par le bétail ou les machines agricoles fragilise la structure des mares (Gayet *et al.*, 2023), en écrasant la végétation entraînant par la suite la disparition de certaines espèces faunistiques, notamment les chéloniens (Ramsar, 2018). Les mares situées dans la partie nord de Djebel Megriss prêt de Laouamer et celles de Tachouda sont les plus touchées par le piétinement dû principalement au passage des engins agricoles (Figure 28).

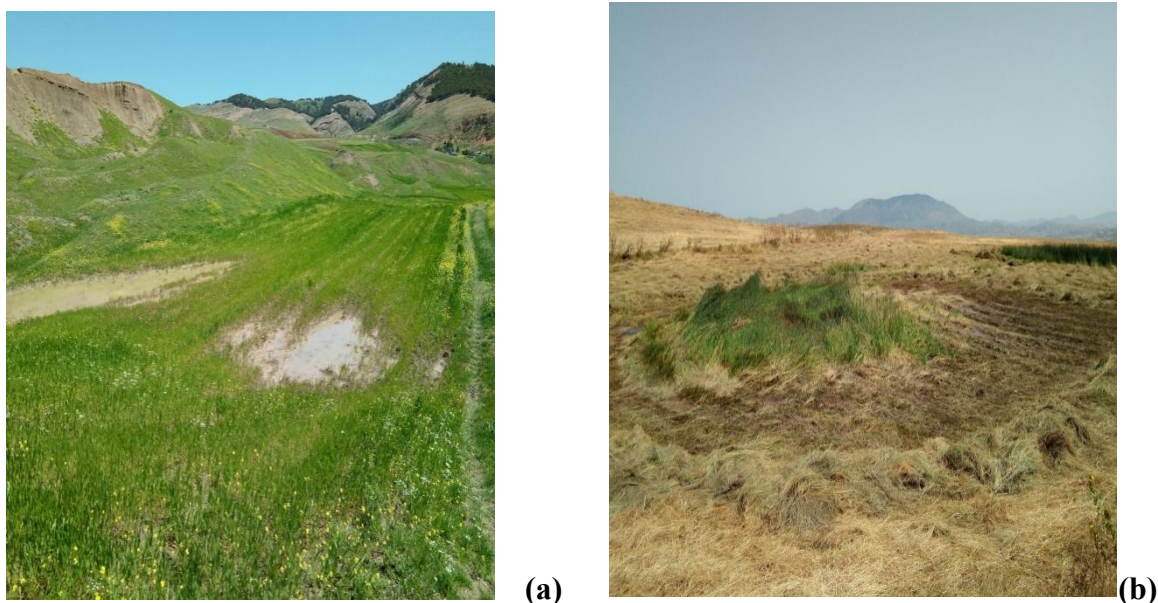


Figure 28: Passage des engins agricoles dans les mares : (a) mare Chaabet Diba (Commune de Tachouda) (b) mare Laamouer prêt de Djebel Megriss (Slimani.Y, 2018)

Les conséquences sont soit l’envahissement des mares par des plantes qui résistent au piétinement et qui peuvent pousser sur un sol tassé comme *Plantago major* L., *Plantago lanceolata* L. soit comme il a été signalé par Boulaacheb et *al*, (2019) l’envahissement des premières ceintures des mares et des habitats avoisinants (pelouses) par des plantes mésoxérophiles (*Scolymus hispanicus* L., *Centaurea calcitrapa* L., etc.).

IV.5 Evolution diachronique des mares temporaires dans le Sétifois

Les mares temporaires du Sétifois constituent des écosystèmes essentiels, tant pour la biodiversité locale que pour les usages traditionnels (abreuvement du bétail, réserve en eau pour l’agriculture extensive). Ces dépressions naturelles, accueillent une flore originale adaptée aux variations saisonnières du régime hydrique (Boulaacheb et *al*., 2011).

Leur localisation à proximité des zones agricoles ou des parcours pastoraux, ainsi que leur faible profondeur, favorisent un assèchement rapide et un comblement progressif. Les mares de petite superficie sont ainsi particulièrement menacées de disparition, tant dans l’espace que dans le temps. À l’inverse, certaines mares mieux préservées se situent dans des zones difficilement accessibles à l’homme et au bétail, ce qui limite les perturbations exemple les mares (Djbel Sidi Mimoune et Ghedir El Merabta) dans la commune de Béni aziz et Dar ElHamra dans la commune de Djemila et Bouasfour dans la commune de Dhamcha.

Selon la stratégie nationale des zones humides (MATE, 2013), ces écosystèmes sont particulièrement vulnérables aux changements climatiques, notamment à l’irrégularité pluviométrique et à la hausse des

températures. Leur disparition progressive aurait des répercussions écologiques majeures, en particulier sur les espèces dépendantes de ces habitats temporaires, mais aussi sur les services écosystémiques qu'ils fournissent (réservoirs de biodiversité, régulation hydrique...)

Les études menées au Djebel Megriss constituent un outil de confirmation de la disparition des mares. Il s'agit de quatre mares identifiées par Boulaacheb (2009) comme formant un complexe de mares, localisé au sein des champs de blé de la ferme Semcheddine. Leur propriétaire a procédé à leur comblement afin d'agrandir la surface cultivable. Les images historiques de Google Earth (Figure 29 et 30) attestent de la présence des quatre mares en 2007. En 2009, deux d'entre elles avaient déjà disparu, et en 2016, l'ensemble du complexe avait complètement disparu (Amraoui et Bouguerne, 2016).



Figure 29: Etat du complexe des mares au printemps 2007 (Amraoui et Bouguerne, 2016)



Figure 30: Etat du complexe des mares au printemps 2016 (Amraoui et Bouguerne, 2016)

IV.5.1 Évolution diachronique de la mare d'Oum Lamouadjène (commune d'Ain Abbassa)

L'analyse diachronique des images satellitaires de la mare d'Oum Lamouadjène (commune Ain Abbassa) entre mars 2010 (11840.28 m²) et mars 2023 (8329.805 m²) met en évidence une régression marquée de la surface en eau. En 2010, la mare présentait une forme allongée occupant une dépression au pied d'un terrain accidenté, tandis qu'en 2023, elle apparaît fortement réduite et partiellement comblée (Figure 31). Cette régression s'explique principalement par les pratiques agricoles, notamment la mise en culture céréalière, les cultures maraîchères (pommier, abricotier). Ce phénomène rejoint les constats de (Grillas et *al.*, 2004), qui soulignent que la plupart des mares méditerranéennes subissent une régression liée à la modification du régime hydrologique et à la pression agricole.

Ainsi leur niveau d'eau diminue en raison de son utilisation pour l'irrigation, et aussi sous l'effet du changement climatique, marqué ces dernières années par un déficit pluviométrique important (150 jours sans précipitations selon la circonscription des forêts d'Aïn Abbassa en 2023). Selon Zouaidia et *al.* (2021), confirment que la comparaison inter annuelle (entre les deux années : 1999-2002) d'un complexe de 9 mares temporaires « Mares Gauthier » situé dans la Numidie orientale (Nord- Est de l'Algérie) indique que plusieurs espèces rares ont disparues (*Mesovilia vittigira*, *Eretes sticticus*, *Asellus sp*, *Ormenis paraecox*, *Lotus decumbens*). Cette disparition est probablement la conséquence de la sécheresse exceptionnelle de l'année. Par ailleurs, son statut de propriété privée et sa proximité immédiate d'une ferme accentuent les pressions liées au pâturage intensif, notamment par le piétinement des berges et du centre de la mare, ainsi que par l'abreuvement du bétail. Ferchichi-Ben Jamaa et *al.*, (2014), indiquent que le pâturage influence notamment l'hétérogénéité biocoenotique des ceintures, de manière opposée aux deux extrémités du gradient hydrologique: augmentation de l'hétérogénéité au centre des mares par réduction de la compétition, et diminution de l'hétérogénéité sur les marges par homogénéisation et tassement du substrat. Lors de sortie de terrain 02/08/2018, la construction d'un réservoir alimenté par la mare a également été constatée, destiné à l'approvisionnement en eau du cheptel. Ceci peut accélérer l'assèchement de la mare.



Figure 31: L'évolution diachronique de la mare Oum Lamouadjene commune d'Ain Abbassa 2010-2023

IV.5.2 Évolution diachronique des mares Chorfa (commune d'Ain ElKebira)

L'analyse diachronique des mares de Chorfa (commune d'Ain ElKebira) met en évidence une régression significative de leur superficie au fil du temps. La mare 1 est passée de 661,449 m² en mars 2010 à 42,623 m² en mars 2023, tandis que la mare 2 a diminué de 286,454 m² (2010) à 110,802 m² (2023) (Figure 32). Cette réduction, particulièrement marquée pour la mare 1, traduit un comblement progressif et une perte d'eau due à l'assèchement de la mare, imputables à des facteurs anthropiques tels que l'exploitation agricole et le pâturage, en raison de leur situation au sein de terres destinées aux cultures céréalières, ainsi qu'à des facteurs naturels comme l'érosion et la sédimentation. Ces observations sont en accord avec des travaux récents sur les mares temporaires en Algérie et dans le Maghreb. Hammana et *al.*, (2024) ont montré une régression similaire des mares dans le Nord-Est algérien entre 2019 et 2023. À l'échelle régionale, Oulghazi et *al.*, (2022) rapportent une diminution comparable des mares temporaires au Maroc, confirmant que ces tendances sont typiques des zones méditerranéennes semi-arides.

Ainsi, les mares de Chorfa illustrent parfaitement cette tendance régionale : entre 2010 et 2023, la zone humide est passée d'un système humide et fonctionnel à un état quasi disparu, témoignant de la dégradation rapide des microzones humides sous l'effet combiné des processus naturels et des pressions humaines.

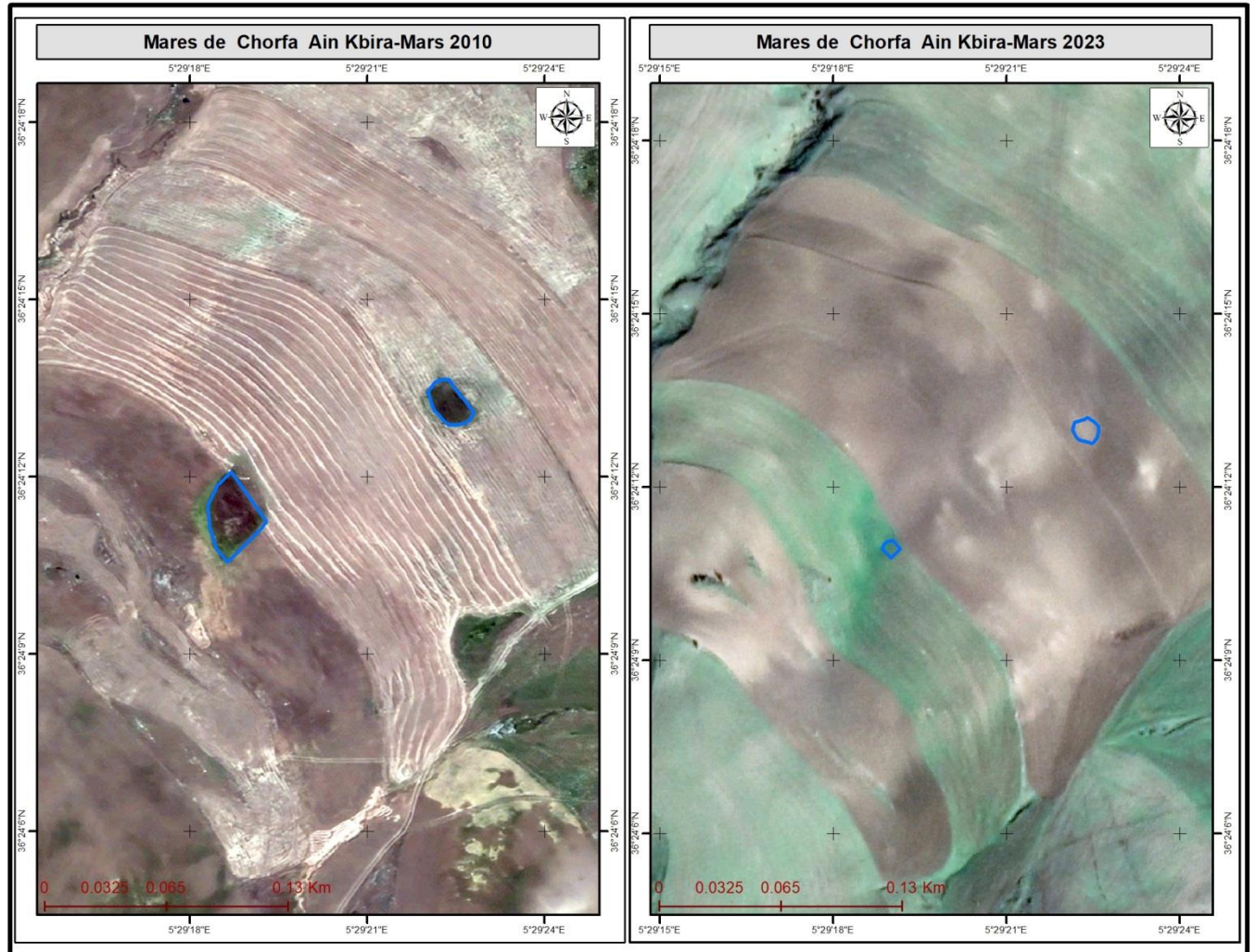


Figure 32: Évolution diachronique des mares El Chorfa (commune d'Ain ElKebira) 2010-2023

IV.5.3 Évolution diachronique de la mare Zaatria (Djebel Megriss)

L'étude diachronique de la mare Zaatria, située à Djebel Megriss, révèle une augmentation de sa superficie, passant de 2260,044 m² en 2010 à 2578,733 m² en 2023 (Figure 33). Cette évolution positive, contrairement à la tendance générale de régression observée dans de nombreuses mares du Sétifois, peut être expliquée par une recharge en eau saisonnière favorable, un bassin versant peu impacté par l'agriculture intensive, ou des processus de sédimentation qui ont contribué à la stabilisation et à l'extension de la mare. La mare Zaatria demeure l'une des plus grandes mares du Sétifois. Sa grande profondeur lui confère une capacité de rétention d'eau importante. Ces résultats sont comparables à ceux de Laribi (2016), qui indiquent que certaines mares peuvent maintenir, voire accroître, leur superficie

lorsque les pressions anthropiques sont limitées et que les conditions climatiques locales sont favorables. Contrairement Ferchichi-Ben Jamaa *et al.*, (2014), constatent que la taille des mares n'est pas liée à leur profondeur, les mares de la région de Sejenane (Tunisie septentrionale) étant à la fois les plus petites et les plus profondes. De ce fait la profondeur qui détermine le régime hydrologique (durée d'inondation et date d'assèchement) joue un rôle essentiel dans leur fonctionnement.

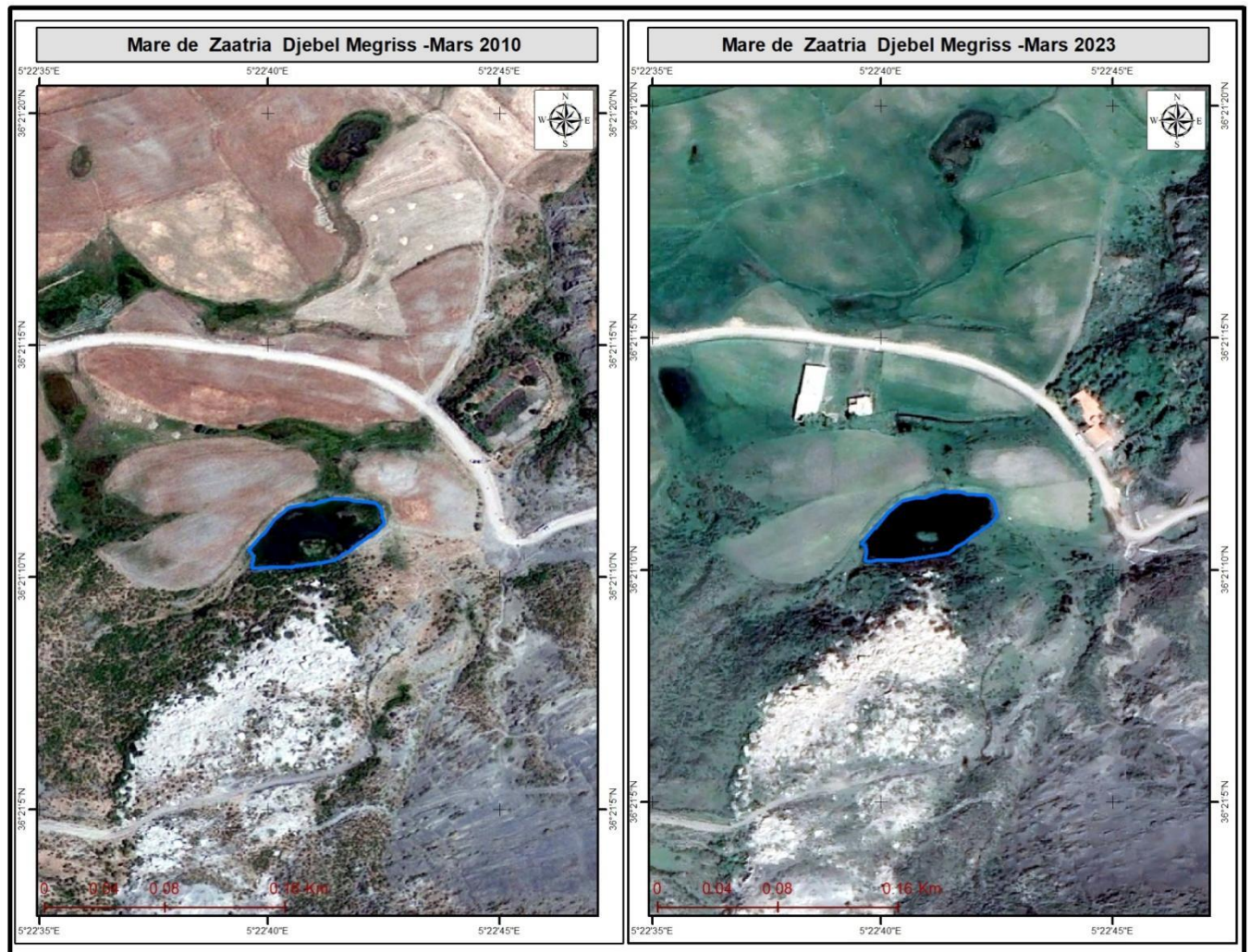


Figure 33: Évolution diachronique de la mare Zaatria (Djebel Megriss) 2010-2023

Malgré l'augmentation de la superficie de la mare Zaatria, sa localisation à proximité des habitations permet de l'utiliser pour diverses pratiques telles que l'irrigation des cultures, l'abreuvement du bétail ou encore la chasse aux canards, ainsi l'eau des mares est captée soit directement à l'aide de citernes, soit de manière indirecte par la construction de puits à l'intérieure des mares (Figure 34).



Figure 34: Captation de l'eau de la mare par un puit (Slimani.Y ; 2018)

IV.5.4 Évolution diachronique de la mare Dar Elhamra (commune de Djemila)

L'analyse diachronique de la mare Dar Elhamra à Djemila montre une diminution de sa superficie, passant de 2965,315 m² en 2010 à 2366,257 m² en 2023 (Figure 35). Cette régression s'explique en partie par des interventions anthropiques, notamment l'installation de gabionnage par les services forestiers pour limiter l'érosion et récupérer les eaux de pluie. Bien que cette mesure ait un objectif de protection, elle a restreint l'extension naturelle de la mare.

Parallèlement, l'impact de l'homme sur la végétation avoisinante a favorisé l'envahissement par des ligneux, notamment *Crataegus monogyna* Jacq., qui recouvrent progressivement le plan d'eau et réduisent la capacité de rétention hydrique. Cette dynamique entraîne une diminution du volume d'eau et une régression de la superficie, illustrant comment certaines interventions humaines, même avec un objectif de gestion ou de conservation, peuvent avoir des effets négatifs sur les écosystèmes aquatiques. Médail ; (2003) montre que dans des mares temporaires méditerranéennes, l'augmentation des ligneux (*Ulmus minor*, *Fraxinus angustifolia* ...) provoque un impact négative sur la végétation caractéristique des mares.

Ainsi, la mare Dar Elhamra constitue un exemple de l'impact combiné des interventions humaines et de l'expansion végétale sur les mares, soulignant la nécessité d'une gestion intégrée qui concilie protection hydrologique et conservation écologique.

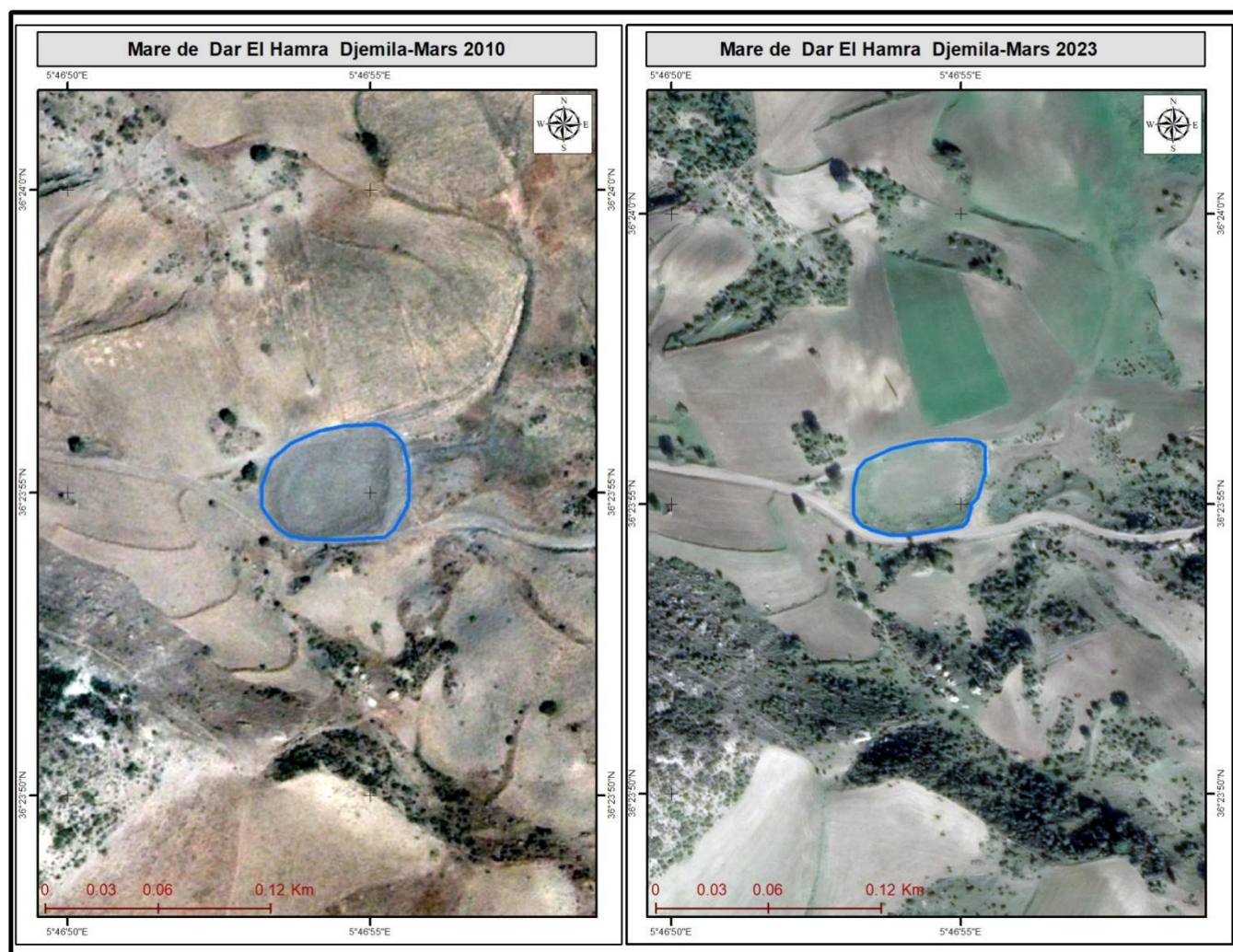


Figure 35: Évolution diachronique de la mare Dar Elhamra (commune de Djemila) 2010-2023

IV.5.5 Évolution diachronique de la mare Ghdir El Mrabta (commune de Béni Aziz)

La mare Ghdir El Mrabta, située à Beni Aziz, présente une augmentation significative de sa superficie au fil du temps, passant de 46,592 m² en 2010 à 152,528 m² en 2023 (Figure 36). Cette évolution positive contraste avec la tendance générale de diminution observée dans plusieurs mares du Sétifois. L'extension de la mare pourrait être attribuée à une alimentation en eau plus stable, à des pratiques humaines moins perturbatrices dans son bassin versant et à des phénomènes de sédimentation qui favorisent l'accumulation d'eau. La mare Ghdir El Mrabta, de par sa grande profondeur, voit son régime hydrologique (durée d'inondation et date d'assèchement), fortement influencé. Ces observations confirment les résultats obtenus dans plusieurs régions méditerranéennes (Grillas et *al.*, 2004 ; Paradis & Pozzo di Borgo, 2005 ; Bagella et *al.*, 2009b), qui montrent que la sensibilité des mares aux variations climatiques saisonnières dépend de leur typologie (profondeur, taille, nature et structure du substrat) ainsi que des caractéristiques géomorphologiques locales (pente, altitude...).

Cette évolution met en évidence l'hétérogénéité des dynamiques des mares dans la région, où les facteurs locaux, climatiques et anthropiques jouent un rôle déterminant. La mare Ghdir El Mrabta constitue ainsi un exemple de résilience relative, soulignant l'importance de stratégies de gestion et de conservation adaptées pour protéger ces écosystèmes aquatiques et la biodiversité qu'ils abritent.

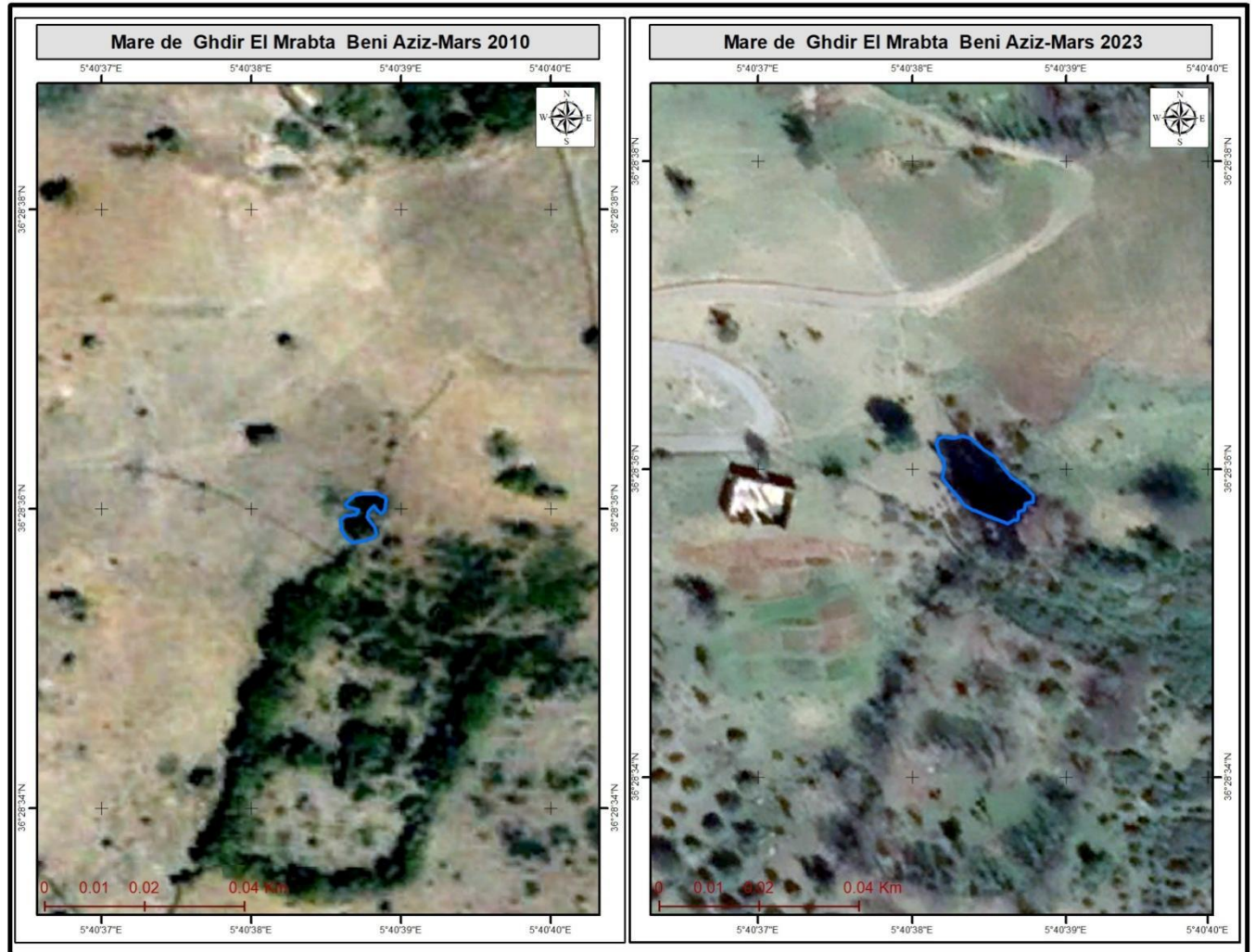


Figure 36: Évolution diachronique de la mare Ghdir El Mrabta (Commune de Béni Aziz) 2010-2023

IV.5.6 Mare artificielle Campus Maabouda « Université Ferhet Abbas »

Il s'agit de la mare artificielle située à proximité de l'université Ferhat Abbas, qui a complètement disparu suite à l'installation d'une résidence, conséquence directe de l'évolution démographique. Lors des prospections réalisées en 2017, cette mare créée, présentait déjà des signes de dégradation liés principalement à la pollution. Le processus de disparition a débuté par une réduction progressive de sa superficie jusqu'à son disparition total en 2023.

IV.6 Les mares sensibles dans le Sétifois

Les mares sensibles désignent des milieux présentant un intérêt écologique particulier, car elles abritent une biodiversité spécifique et jouent un rôle fonctionnel dans la régulation hydrologique et la conservation de la diversité biologique. Leur sensibilité s'explique par leur faible capacité de résilience face aux perturbations anthropiques et climatiques: la moindre altération (pollution, drainage, prélèvements d'eau) peut entraîner une dégradation irréversible de leur équilibre écologique (Biggs et *al.*, 2005 ; Williams et *al.*, 2008).

Suite aux observations relevées sur terrain et aux réponses obtenues auprès des enquêtés, nous avons pu définir quelques mares sensibles selon les critères ci-dessous.

IV.6.1 Critères écologiques

- **Habitat d'espèces rares et protégées**

En terme de conservation, on peut considérer comme prioritaires les mares correspondant à des sites uniques pour des espèces rares (Sajaloli, 2005). Dans les mares étudiées, dix espèces rares ont été recensées parmi lesquelles *Cerastium atlanticum* Dur, *Ranunculus ophioglossifolius* Villars., *Dactylorhiza maculata* (L.) Soó, *Dactylorhiza elata* (Poir.) Soó, *Eryngium pusillum* L., ces taxons illustrent comment ces habitats humides peuvent abriter des populations à distribution restreinte ou à faible densité. Loiseau et *al.*, (2020), montrent que les espèces géographiquement restreintes et fonctionnellement distinctes sont présentes dans les catégories de menace de la IUCN et insuffisamment couvertes par les aires protégées. De plus, la découverte pour la première fois des espèces *Elatine alsinastrum* L. et *Isoetes longissima* Bory & Durieu, signalées en Numidie par Quézel et Santa (1962), confirme le rôle des mares du Sétifois comme lieu de refuge pour une flore aquatique spécialisée et rare. Par ailleurs, sur les 452 plantes inscrites sur la liste nationale des espèces protégées en Algérie (2012), dix taxons ont été relevés dans ces mares parmi lesquels *Juncus bulbosus* L., *Cardamine parviflora* L., *Sparganium erectum* L. Les mares protègent non seulement des espèces rares mais aussi des espèces ayant une valeur patrimoniale, ce qui renforce leur rôle écologique et leur priorité dans les stratégies de conservation (Hill et *al.*, 2018).

- **Habitat rare et vulnérable**

Les mares qui abritent les espèces rares ne se trouvent que dans quelques communes du nord. Ce sont des habitats qui ont une spécificité écologique et biologique remarquable liée principalement aux conditions climatique et édaphique de ces milieux. La présence de *Elatine alsinastrum* L. et *Isoetes longissima* Bory & Durieu traduisent des conditions oligotrophes encore favorables et un cycle hydrologique relativement sain (Daoud-Bouattour et *al.*, 2011 ; Troia, 2014).

Ces habitats sont exposés à des menaces anthropiques (surpâturage, piétinement, pollution, comblement, assèchement) et naturelles (assèchement, comblement) pouvant entraîner la perturbation de leur écologie. Selon Vela et *al*, (2017), la rareté des orchidées : *Dactylorhiza maculata* (L.) Soó et *Dactylorhiza elata* (Poir.) Soó reflète la fragilité des sols et du régime hydrique.

- **Habitat en danger : Impacts attendus des changements climatiques et activités humaines**

Les changements climatiques actuels pour l'ensemble du Sétifois (rareté des précipitations, perturbation saisonnière et élévation des températures) engendrent un réchauffement et une réduction du volume annuel des précipitations accompagnés d'une augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses. Ces changements, et en particulier les modifications du régime de précipitations, auront probablement des impacts importants sur les mares (El Ouali, 2008). Selon Grillas (2008), les conséquences précises de ces changements restent difficiles à prédire par manque de données sur la biologie des espèces et leurs réponses aux changements de l'environnement. Cependant, les impacts les plus prévisibles des changements climatiques sur les mares peuvent être:

- Une réduction du volume d'eau dans les mares et par conséquent une diminution des durées d'inondations avec des changements dans les dates de mise en eau et d'assèchement qui sont des facteurs écologiques importants. L'impact serait faible sur les mares de montagne qui connaissent des durées d'inondation plus longues liées à la stabilité de la hauteur des précipitations, le cas des mares de Djebel Megriss et de la commune de BeniAziz ;
- Un changement dans la composition de la flore et de la faune (en particulier les amphibiens) avec une diminution des espèces les plus exigeantes en eau.
- Une réduction des espèces rares par l'accentuation de la fragmentation des populations (mare Aouker, Djebel Megriss).
- (Lamouille-Hébert, 2025; Zivec et *al.*, 2023) confirment que le changement climatique influence fortement les communautés végétales des mares à travers plusieurs mécanismes interdépendants. L'augmentation des températures et l'évaporation accrue favorisent l'assèchement temporaire ou prolongé des mares, ce qui entraîne une réduction de l'hétérogénéité des microhabitats et une homogénéité des communautés végétales, avec une dominance croissante des espèces tolérantes à la sécheresse exemple des espèces de nos mares (*Polypogon monspeliensis* (L.) Desf. *Verbena officinalis* L., *Ammoides pussila* (Brot) Briestr, *Delphinium mauritanicum* Coss., *Scabiosa columbaria* L., *Centaurea parviflora* Desf., *Poa trivialis* L., *Epilobium parviflorum* Schreb.), et des plantes à cycle court, au détriment des espèces aquatiques strictes ou sensibles aux fluctuations hydriques. Cette homogénéité végétale modifie directement la structure trophique: la

disponibilité en nourriture et en refuges pour les invertébrés aquatiques et les amphibiens diminue, ce qui peut provoquer des déséquilibres dans les réseaux trophiques et une baisse de la diversité locale (Guo et *al.*, 2025; Jones et *al.*, 2024).

- Par ailleurs, les modifications du régime hydrique affectent la reproduction et la phénologie des organismes aquatiques. Par exemple, de nombreuses espèces d'invertébrés et d'amphibiens synchronisent leur reproduction avec le remplissage saisonnier des mares. Des périodes d'inondation plus courtes ou irrégulières perturbent ces cycles, entraînant des échecs reproductifs ou des décalages temporels dans l'émergence des juvéniles. La phénologie des plantes aquatiques est également affectée : le décalage dans la germination ou la floraison peut réduire la production de graines et limiter la colonisation de nouvelles mares, accentuant la fragmentation des populations végétales (Ishtiaq et *al.*, 2025)
- Enfin, ces perturbations ont un impact sur les interactions trophiques. La disparition de certaines espèces végétales ou la réduction de leur abondance peut limiter la disponibilité de nourriture pour les herbivores aquatiques, ce qui se répercute sur les prédateurs supérieurs et modifie les relations de compétition et de prédation (Hamann et *al.*, 2021). Les communautés deviennent donc moins résilientes face aux stress environnementaux, ce qui augmente le risque de perte de biodiversité dans ces micro-écosystèmes vulnérables.

IV.6.2 Critères socio-économique: ces mares revêtent une importance sociale et économique particulière

Nos mares revêtent une importance particulière pour le soutien des activités traditionnelles de subsistance (artisanat, thérapie traditionnelle) ou de production alimentaire (irrigation des cultures). Les mares étaient et sont toujours utilisées de différentes manières ; elles sont pâturées tout au long de l'année et cultivées pendant les années moyennement pluvieuses, elles fournissent de l'eau prélevée pour la consommation des riverains. Les plantes sont soit broutées par le troupeau, soit récoltées pour la médication traditionnelle (*Helosciadium nodiflorum* (L.) W.D.J. Koch, *Rorippa nasturtium-aquaticum* (L.) Hayek,...) (Boulaacheb et *al.*, 2019). Les mares temporaires contribuent donc comme facteur de production dans les activités économiques (Bouahim et *al.*, 2014).

IV.6.3 Critères scientifiques

Les mares représentent des habitats d'un grand intérêt scientifique et éducatif, en raison de leur richesse biologique, de leur diversité écologique et de leur rôle fonctionnel dans le paysage. Sur le plan de la recherche scientifique, ces milieux constituent de véritables laboratoires naturels permettant l'étude de processus écologiques fondamentaux tels que la succession végétale, la dynamique des populations et les interactions trophiques. Les mares, par leur caractère temporaire ou permanent, offrent des conditions hydrologiques variables qui influencent fortement la composition spécifique et la distribution des

organismes aquatiques et amphibiens. Cette variabilité spatiale et temporelle en fait des systèmes modèles pour étudier la résilience des communautés, les mécanismes d'adaptation aux fluctuations du milieu, ainsi que les effets du changement climatique et des perturbations anthropiques sur les petits écosystèmes aquatiques (Angélibert et al., 2010 ; Céréghino et al., 2008). De plus, la présence d'espèces rares, endémiques ou menacées comme certains amphibiens ou macroinvertébrés sensibles à la qualité de l'eau confère à ces milieux une valeur patrimoniale et scientifique élevée. Les mares constituent ainsi des sites privilégiés pour la mise en place de suivis écologiques à long terme, la modélisation de la biodiversité et l'expérimentation sur la connectivité des habitats dans les paysages fragmentés (Biggs et al., 2017 ; Hill et al., 2018). En effet, des travaux scientifiques ont été réalisés au niveau de quelques mares du Sétifois : Boulaacheb et al., (2007) ; Boulaacheb, (2009) ; Boulaachab et al., (2011) ; Boulaachab et al., (2013) ; Gharzouli., (2013) ; Bouguerne et Amraoui., (2016) ; Bouguendoura et Gharzouli., (2017) ; Boulaacheb et al., (2019) ; Benrahal et Boucherb., (2020); Soualmi et Tabbel, Taklit., (2024).

Sur le plan éducatif, les mares offrent une opportunité exceptionnelle pour l'observation et la démonstration de phénomènes naturels essentiels tels que la reproduction, la métamorphose, les cycles de vie aquatiques et les adaptations morphologiques ou comportementales des organismes. Grâce à leur accessibilité et à leur richesse biologique, elles constituent des supports pédagogiques privilégiés pour l'enseignement de l'écologie, de la biologie et de la gestion de la nature. L'observation directe des communautés aquatiques (plantes, insectes, amphibiens, oiseaux) permet d'illustrer concrètement les notions d'interdépendance et d'équilibre écologique, tout en développant une sensibilité environnementale chez les étudiants et le grand public. Par ailleurs, les mares sont souvent utilisées comme sites d'éducation environnementale, où se réalisent des activités de terrain, des protocoles de suivi simplifiés et des projets de science participative favorisant la compréhension des enjeux de conservation et la valorisation du patrimoine naturel local (Cuenca -Cambronero et al., 2023).

IV.6.4 État de conservation

Les zones humides, leurs eaux et leur biodiversité constituent des éléments incontournables du développement durable en Algérie (Direction Générale des Forêts, 2018). La faible superficie des mares et leur inclusion dans une matrice paysagère agricole fortement anthropisée rendent leur conservation particulièrement difficile (Grillas et al., 2004).

La protection des biotopes et écosystèmes nationaux a été classée priorité nationale dans le Plan d'action et stratégie nationale sur la biodiversité. La préservation des mares requiert la mobilisation de l'ensemble des acteurs, notamment les acteurs locaux : institutions publiques, décideurs politiques, administrateurs et scientifiques. Cependant, malgré les efforts consentis par l'État algérien et les multiples plans mis en œuvre pour la protection et la conservation des habitats naturels, les mares temporaires n'ont pas encore fait l'objet d'une identification ni d'un inventaire national. De ce fait, elles ne sont intégrées dans aucun

programme officiel d'aménagement ou de gestion des habitats. L'accroissement des usages, la pression anthropique et l'absence d'une stratégie spécifique de conservation ont entraîné la dégradation et la disparition progressive de nombreuses mares. Dans le but de conserver et protéger ces mares on propose :

- **Limiter l'accès aux mares**

La majorité des mares prospectées dans le Sétifois subissent encore des pressions anthropiques, compromettant leur équilibre écologique. Il est essentiel de restreindre l'accès des hommes et du bétail aux mares par l'installation par exemple des clôtures protectrices. Cette mesure limite le piétinement, le passage d'engins et l'arrachage des plantes médicinales utilisées à des fins thérapeutiques ou artisanales.

- **Création de zones de protection écologique**

Il est recommandé d'identifier les mares les plus riches en biodiversité et de les classer comme sites protégés. Les mares du Sétifois, véritables refuges de biodiversité locale dans un environnement semi-aride, peuvent être classées ou intégrées dans un réseau de zones protégées conformément au Décret exécutif n° 16-259 du 10 octobre 2016, relatif à la gestion des aires protégées.

Elles peuvent être reconnues comme :

- Sites d'intérêt biologique et écologique.
- Zones humides d'importance nationale,
- Sites Ramsar si elles répondent aux critères internationaux de valeur écologique, représentativité ou rareté.

Le classement permet d'instaurer des réglementations de protection (limitation des rejets, interdiction de drainage ou de comblement) et de mettre en place un suivi scientifique régulier. À titre d'exemple, les mares de Zaatria et d'Oum Lamoudjene (commune d'Ain Abbassa) ainsi que la mare de Dar El Hamra (Djemila) pourraient bénéficier de telles mesures.

- **Délimiter des zones tampons autour des mares**

Dans le Sétifois, les mares se trouvent souvent à proximité de zones agricoles ou de parcours pastoraux. La mise en place de zones tampons végétalisées autour des mares permettrait de créer une bande protectrice naturelle pour réduire les pressions humaines, pâturage, urbanisation, agriculture intensive, filtrer les polluants. Le cas des mares Sarfda et Chorfa commune d'Ain El Kebira et les mares du Djebel Megriss.

- **Gestion écologique de l'eau**

- Installer des bassins pour l'abreuvement des bétails pour limiter leur passage vers les mares.
- Proposer aux agricultures de remplacer les engrais chimiques par des engrais biologiques exemples:
 - Des Engrais d'origine végétale : Compost végétal, Purin d'ortie, Tourteaux végétaux.
 - Des engrais d'origine animale: Fumier, Farine d'os, Guano.

-Engrais d'origine minérale naturelle :

Ce sont des minéraux non transformés chimiquement, comme poudre de roche, phosphate naturel, sulfate de potassium naturel.

-Engrais mixtes ou composts combinés :

Vermicompost: obtenu par l'action des vers de terre, riche en nutriments et micro-organismes bénéfiques.

Compost de fumier : mélange de matières végétales et animales, très complet.

• Suivi scientifique

Un suivi régulier de la qualité de l'eau (pH, teneur en nutriments, oxygène dissous) est indispensable, principalement pour les mares abritant des espèces rare et/ ou endémiques (Ooker, Ghdir ElMrabta). Les mares Sétifois, soumises au climat semi-aride, sont très sensibles aux déséquilibres écologiques (pollution, eutrophisation, assèchement). Un suivi continu permettrait de préserver les habitats d'espèces rares ou patrimoniales.

Il est également nécessaire d'inventorier la faune (amphibiens, insectes aquatiques, mollusques) et la flore, afin de détecter les changements écologiques et les espèces indicatrices. Des études scientifiques doivent être menées sur la biodiversité en utilisant des indicateurs biologiques (plantes aquatiques rares, amphibiens, invertébrés), pour évaluer l'efficacité des mesures de gestion et ajuster les interventions.

• Sensibilisation et implication communautaire

La conservation des mares passe par l'éducation environnementale et la participation active des communautés locales. Des programmes de sensibilisation peuvent mettre en valeur l'importance écologique et les services écosystémiques des mares (régulation hydrique, biodiversité, ressources naturelles).

Il convient aussi d'encourager des initiatives locales de préservation (campagne de nettoyage). Il faut expliquer à la population que la captation excessive de l'eau accélère le dessèchement des mares, entraînant la disparition de deux ressources vitales: l'eau et l'herbe. Certaines espèces palatables (*Alopecurus bulbosus* Gouam, *Glyceria fluitans* (L.) R.BR) ou mellifères (*Mentha aquatica* L.) disparaissent ainsi progressivement. Les habitants doivent également être informés que le dépôt de pierres et de déchets solides (plastiques, gravats) provoque la pollution et le comblement des mares, réduisant leur rôle de bassins naturels de rétention des eaux pluviales et de protection contre l'érosion et les inondations. Dans les programmes de gestion des mares on peut intégrer la population locale par la création des emplois.

- **Dépollution et nettoyage des mares**

Parmi les 106 mares inventoriées, 20 présentent une pollution notable, principalement par des déchets solides. Des travaux de nettoyage peuvent être entrepris pour retirer les pierres déposées, la terre et les détritiques afin de restaurer leur forme, leur taille et leur esthétique initiales. Certaines espèces autochtones comme *Asphodelus ramosus* L. deviennent envahissantes ; leur expansion peut être limitée par arrachage. Ces travaux peuvent être réalisés par des bénévoles (étudiants, associations naturalistes) ou par les agents forestiers.

- **Réglementation et cadre juridique**

En Algérie, il n'existe pas encore de texte législatif spécifique consacré à la protection des mares, bien que plusieurs textes encadrent la conservation des zones humides :

Loi n° 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement, abrogée par la Loi n° 03-10 du 19 juillet 2003 sur la gestion et la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable ;

Décret n° 82-439 du 11 décembre 1982, portant adhésion de l'Algérie à la Convention de Ramsar (Iran, 1971) ;

Décret présidentiel n° 95-163 du 6 juin 1995, portant ratification de la Convention sur la diversité biologique (Rio de Janeiro, 1992) ;

Décret exécutif n° 12-03 du 4 janvier 2012, fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées ;

Loi n° 14-07 du 9 août 2014, relative aux ressources biologiques.

La stratégie nationale de gestion écosystémique des zones humides d'Algérie (Direction Générale des Forêts, octobre 2016), déployée sur la période 2015-2030, prévoit notamment l'inventaire exhaustif du potentiel existant, la caractérisation des zones humides et l'évaluation de leurs services écosystémiques, dans le but d'assurer une meilleure protection et gestion durable. Compte tenu de la richesse exceptionnelle des mares du Sétifois, il est proposé de créer un cadre réglementaire spécifique interdisant toute construction dans un rayon de 100 mètres autour des mares, de limiter l'extraction d'eau ou la transformation de la nature des mares et d'instaurer des sanctions pénales contre les actes de dégradation.

- **Critères de désignation**

Les critères de désignation sont ceux proposés par Boulaacheb et *al.*, (2019) pour les mares de Djebel Megriss.

Types d'habitats : ruisseaux, sources, mares temporaires, oueds, pelouses et prairies.

Habitats prioritaires : prairies et mares temporaires.

Habitats en danger : mares temporaires.

Types d'espèces : diversité spécifique comprenant des espèces vulnérables, endémiques, rares ou menacées, telles que : *Dactylorhiza maculata* (L.) Soó , *Dactylorhiza elata* (Poir.) Soó, *Butomus*

umbellatus L., *Ranunculus lateriflorus* DC., *Epilobium parviflorum* Schreb., *Sparganium erectum* L., *Elatine alsinastrium* L. et *Isoetes longissima* Bory & Durieu. Ces espèces justifient une protection légale nationale ou régionale des mares du Sétifois, compte tenu de la disparition historique de certains sites et des menaces actuelles (pollution, comblement, assèchement).

IV.7 Evolution de l'occupation du sol dans les mares du Sétifois

Les mares temporaires dites « méditerranéennes » constituent des écosystèmes particuliers, combinant à la fois une composante terrestre et une composante aquatique. Cette dernière est caractérisée par l'alternance cyclique d'une phase d'assèchement et d'une phase d'inondation (Grillas et *al.*, 2004). Ces mares se différencient selon leur origine, le type de substrat, leur morphologie ainsi que les processus de formation. La nature du substrat leur confère des propriétés physico-chimiques spécifiques. Elles se développent aussi bien sur des roches basaltiques (calcaires, etc.) ou acides (granite, rhyolite...), que sur des terrains compactés ou des substrats plus ou moins perméables (Grillas et *al.*, 2004). Elles se rencontrent dans les plaines littorales comme sur des affleurements rocheux en altitude. Certaines de ces mares sont naturelles, issues de processus géomorphologiques divers (Boutin et *al.*, 1982). Toutefois, de nombreuses autres ont été créées artificiellement pour des usages précis, tels que l'abreuvement du bétail ou l'extraction de matériaux (Lorenzoni et *al.*, 1997). À l'échelle nationale comme internationale, ces milieux représentent des habitats essentiels pour une grande diversité d'espèces rares ou menacées (Ramdani, 1986 ; Costanza et *al.*, 1997 ; Rhazi, 2001 ; Ichen et *al.*, 2012 ; Ichen, 2020). Leur rôle est fondamental dans la structuration du paysage, puisqu'ils contribuent à la biodiversité régionale au même titre que les lacs et les rivières, tout en constituant des « relais » assurant la connectivité entre différents habitats d'eau douce (Mathevet, 2006). L'objectif est donc d'analyser l'évolution de l'occupation du sol des mares du Sétifois sur une période de 18 ans, avec une attention particulière portée aux mares temporaires, habitats vulnérables soumis à d'importantes transformations au cours des dernières décennies. Le choix des communes : Ain Abbassa et Ain Elkebira, Amoucha pour étudier l'évolution de l'occupation du sol revient principalement au nombre important des mares dans ces régions.

IV.7.1 Cartes d'occupation du sol dans la région d'Ain Abbessa–Amoucha entre 2007 - 2025

L'analyse de l'occupation du sol dans la région d'Ain Abbessa–Amoucha entre 2007 et 2025 révèle une évolution marquée du paysage. Les surfaces agricoles, initialement dominantes, connaissent une tendance à la régression et à la fragmentation, tandis que la couverture forestière progresse de manière significative, traduisant une dynamique de régénération ou de reboisement, alors que les zones bâties s'étendent sous l'effet de la pression anthropique. Les surfaces en eau apparaissent faiblement représentées dans la région d'Ain Abbessa–Amoucha, quelle que soit la période considérée (2007, 2017 ou 2025). Selon les cartes, les mares restent très limitées, mais montrent souvent une diminution plutôt

qu'une augmentation. Cette dynamique s'explique principalement par les sécheresses récurrentes et la variabilité climatique, qui réduisent la durée d'inondation, ainsi que par les pressions anthropiques, notamment l'urbanisation et l'agriculture, qui entraînent la modification ou la disparition de certains sites. Ces résultats sont comparables à ceux d'Oulghazi et *al.*, (2022), qui confirment que la régression touche principalement les mares temporaires de Maamoura au Maroc. Elle serait très probablement liée au développement agricole et à diverses formes de pression socio-économique présentes dans la région (exploitation forestière excessive, création de nouvelles plantations, urbanisation, défrichement des terres, etc.).

Enfin, leur vulnérabilité intrinsèque, liée à la nature temporaire de ces écosystèmes, accentue cette tendance régressive (Figure 37).

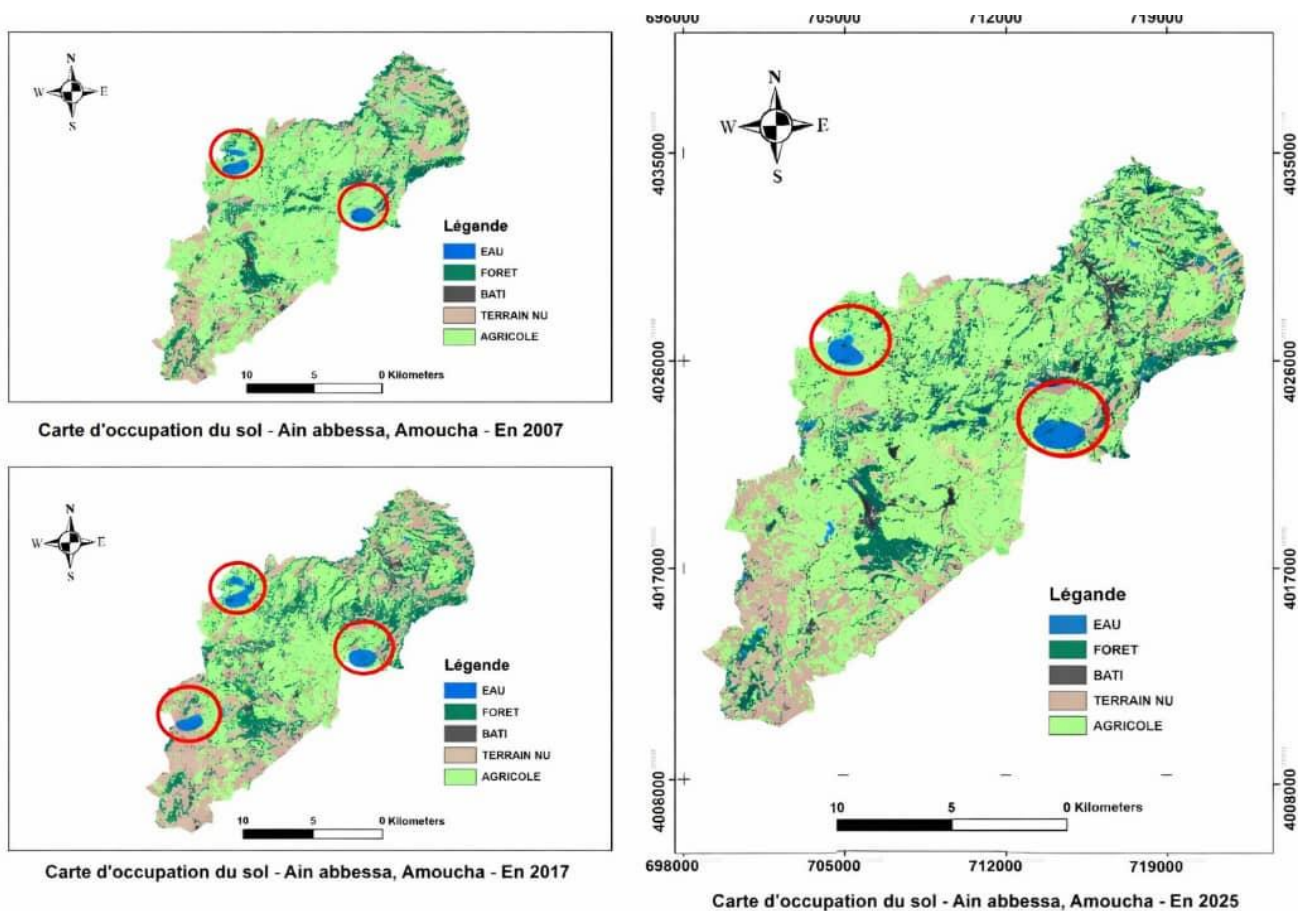


Figure 37: Evolution de l'occupation de sol dans les communes d'Ain Abbessa–Amoucha entre 2007-2025

IV.7.2 Cartes d'occupation du sol dans la région d'Ain El Khebir entre 2007 - 2025

En 2007 : le paysage est dominé par les surfaces agricoles et les terrains nus, qui occupent une large portion du sud et de l'est de la zone. Les forêts apparaissent mais restent limitées à des zones morcelées. Les surfaces bâties sont présentes en faible proportion. Les mares temporaires et autres petites zones en eau sont très peu représentées.

En 2017: les surfaces agricoles restent dominantes, mais les terrains nus semblent progresser dans certaines zones au détriment de la végétation. Les zones forestières reculent légèrement ou restent fragmentées. Les surfaces bâties connaissent une légère extension. Les mares temporaires restent très réduites, avec une tendance à la régression par rapport à 2007, probablement liée aux sécheresses récurrentes.

En 2025: les terrains nus gagnent encore du terrain, indiquant une dynamique de dégradation des sols. Les surfaces agricoles persistent, mais elles subissent une fragmentation accrue. Le bâti s'étend davantage, traduisant une pression anthropique croissante. L'évolution de l'occupation du sol à Ain El Kebira entre 2007, 2017 et 2025 montre une régression notable des mares temporaires (Figure 38). Celles-ci, déjà faiblement représentées en 2007, deviennent de plus en plus marginales au fil du temps, sous l'effet conjugué de la variabilité climatique (sécheresses, diminution de la durée d'inondation) et des pressions anthropiques (extension agricole et urbanisation). Bouahim, (2010) et Ichen, (2020) considèrent que la croissance démographique et certains modes d'exploitation sont responsables de la dégradation de nombreux milieux, en particulier la détérioration des mares temporaires.

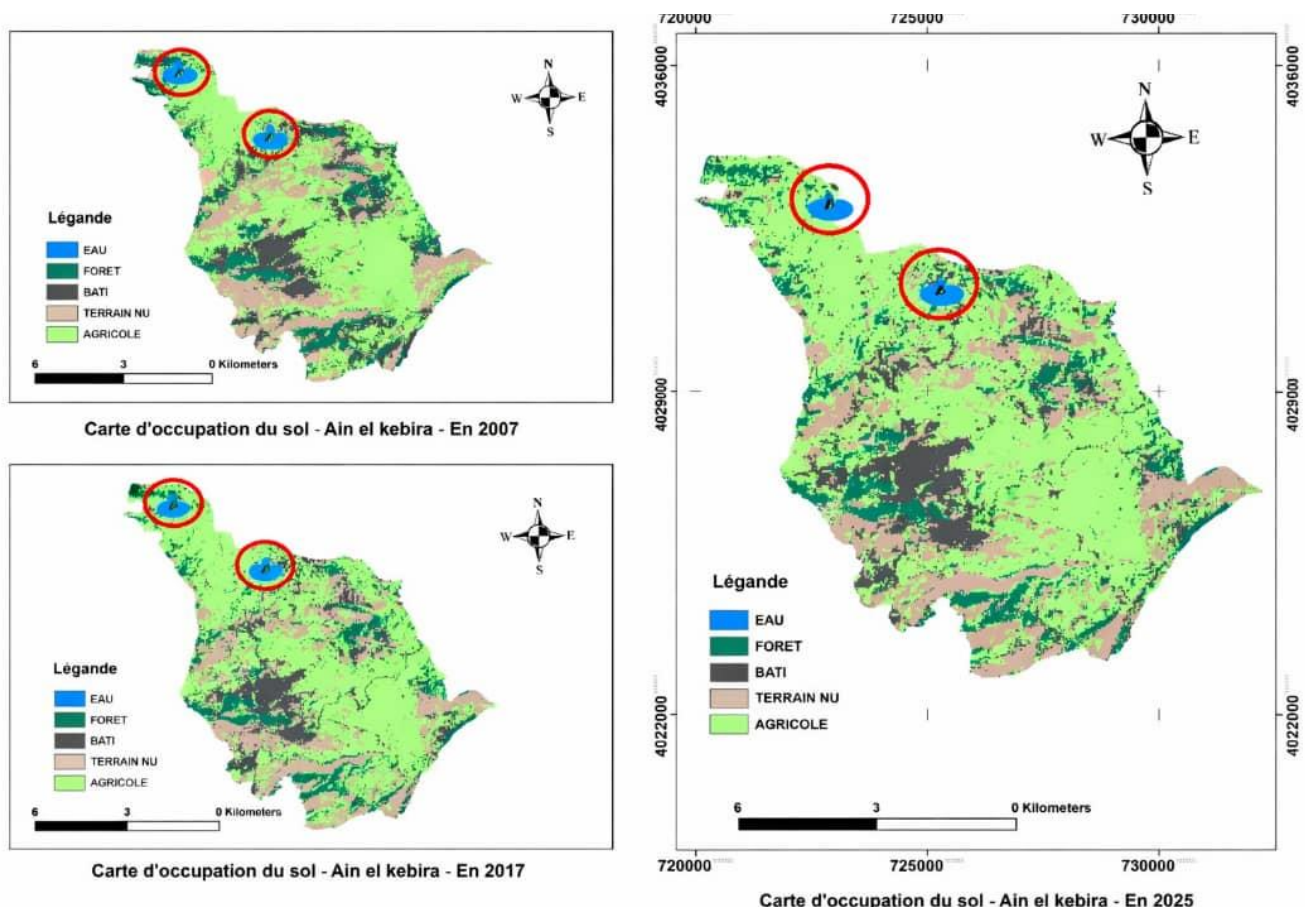


Figure 38: Evolution de l'occupation de sol dans la commune d'Ain El Kebira entre 2007 -2025

L'absence des petites zones humides sur les cartes s'explique principalement par la résolution spatiale des images du programme Landsat (30 m), qui ne permet pas de détecter les surfaces de faible extension. Ces

milieux peuvent également être confondus avec d'autres classes en raison de signatures spectrales proches ou de leur caractère temporaire.

IV.8 Indice NDWI

IV.8.1 Analyse diachronique de l'indice NDWI dans la région d'Ain Abbessa–Amoucha entre 2007- 2025

- **Interprétation des cartes NDWI**

Année 2007, la carte NDWI montre une présence d'eau relativement plus marquée dans certaines zones. Toutefois, les surfaces en eau restent limitées et fortement fragmentées, correspondant essentiellement à des mares temporaires et petits plans d'eau dispersés. La majorité du territoire est représentée, traduisant une absence d'eau permanente.

Année 2017, l'indice NDWI révèle une diminution de la présence d'eau par rapport à 2007, deviennent plus rares et moins étendues. Cette régression reflète l'impact des sécheresses successives, ainsi que la variabilité pluviométrique caractéristique de la région.

Année 2025, la carte montre une situation encore plus critique, avec une quasi-disparition des zones d'eau. Les surfaces aquatiques, apparaissent en forte régression, confirmant la vulnérabilité des mares temporaires.

L'analyse diachronique de l'indice NDWI dans la région d'Ain Abbessa–Amoucha entre 2007, 2017 et 2025 met en évidence une régression progressive des surfaces en eau. Alors qu'en 2007 certaines zones humides étaient encore perceptibles, celles-ci diminuent sensiblement en 2017 et deviennent très marginales en 2025. Cette évolution traduit la vulnérabilité extrême des mares temporaires, soumises à la variabilité climatique et aux sécheresses récurrentes, mais également aux pressions anthropiques liées à l'urbanisation et à l'agriculture. Ces milieux jouent un rôle écologique essentiel, ce qui rend leur régression particulièrement préoccupante pour la biodiversité locale (Figure 39).

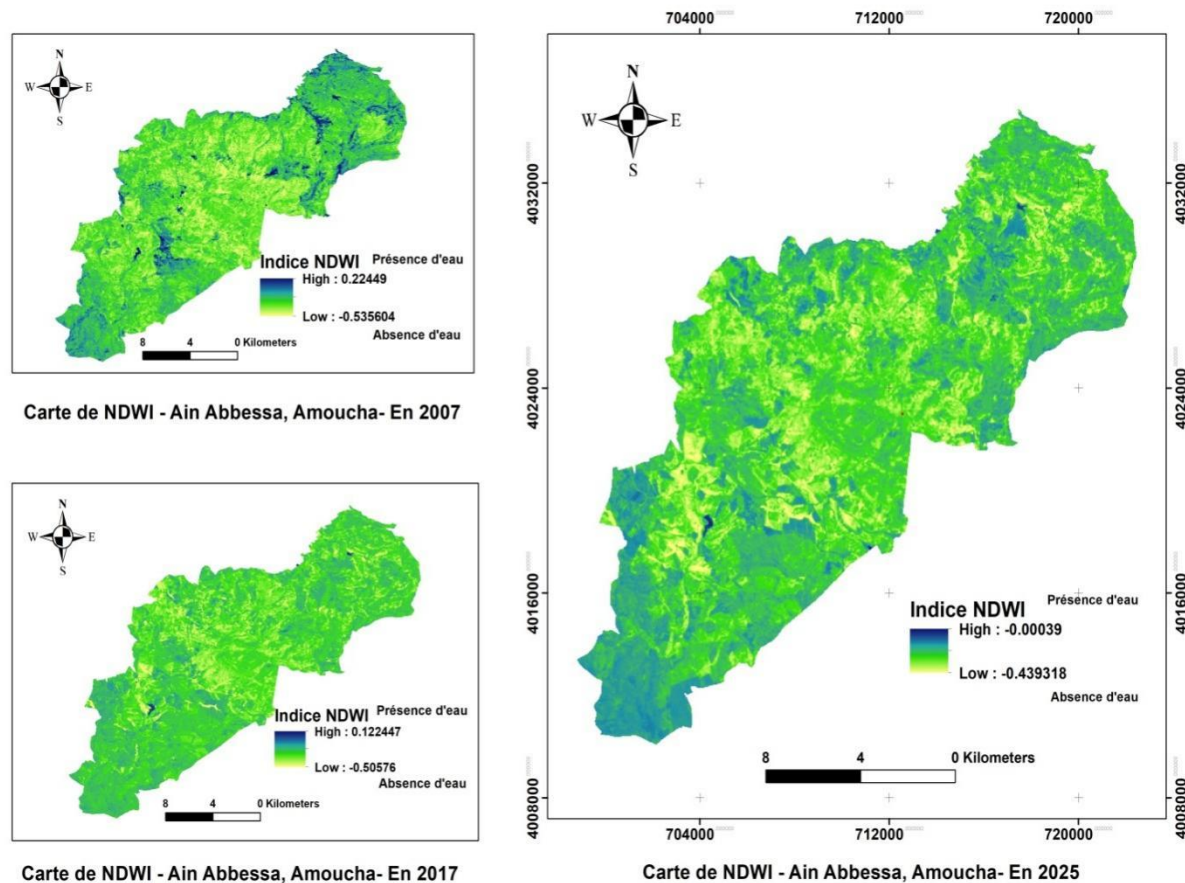


Figure 39: Analyse diachronique de l'indice NDWI dans la région d'Ain Abbessa–Amoucha entre 2007- 2025

IV.8.2 Analyse diachronique de l'indice NDWI dans la région d'Ain ELKebira entre 2007- 2025

L'analyse diachronique des cartes NDWI de la région d'Ain ELKebira pour la période 2007-2025 met en évidence les résultats suivants :

En 2007, les mares temporaires sont présentes mais limitées en étendue. Cela reflète probablement une année ; sèche ou une période de faible recharge.

En 2017, correspond à une meilleure recharge des mares grâce à des précipitations plus importantes. On a donc plus de points d'eau temporaire visible.

En 2025, les mares temporaires sont moins nombreuses et moins étendues, ce qui traduit une tendance à l'assèchement plus rapide et à une diminution de leur durée de présence.

La comparaison 2007-2025 illustre bien que ces mares ne sont pas permanentes mais oscillent fortement dans le temps, avec une tendance à la réduction future (2025).

Donc, ces cartes NDWI révèlent que les mares temporaire de Ain ELKebira connaissent une variabilité saisonnière et interannuelle forte, avec une extension maximale en 2017, mais une réduction nette prévue en

2025, traduisant la vulnérabilité de ces zones face aux changements climatiques et à la raréfaction des précipitations (Figure 40).

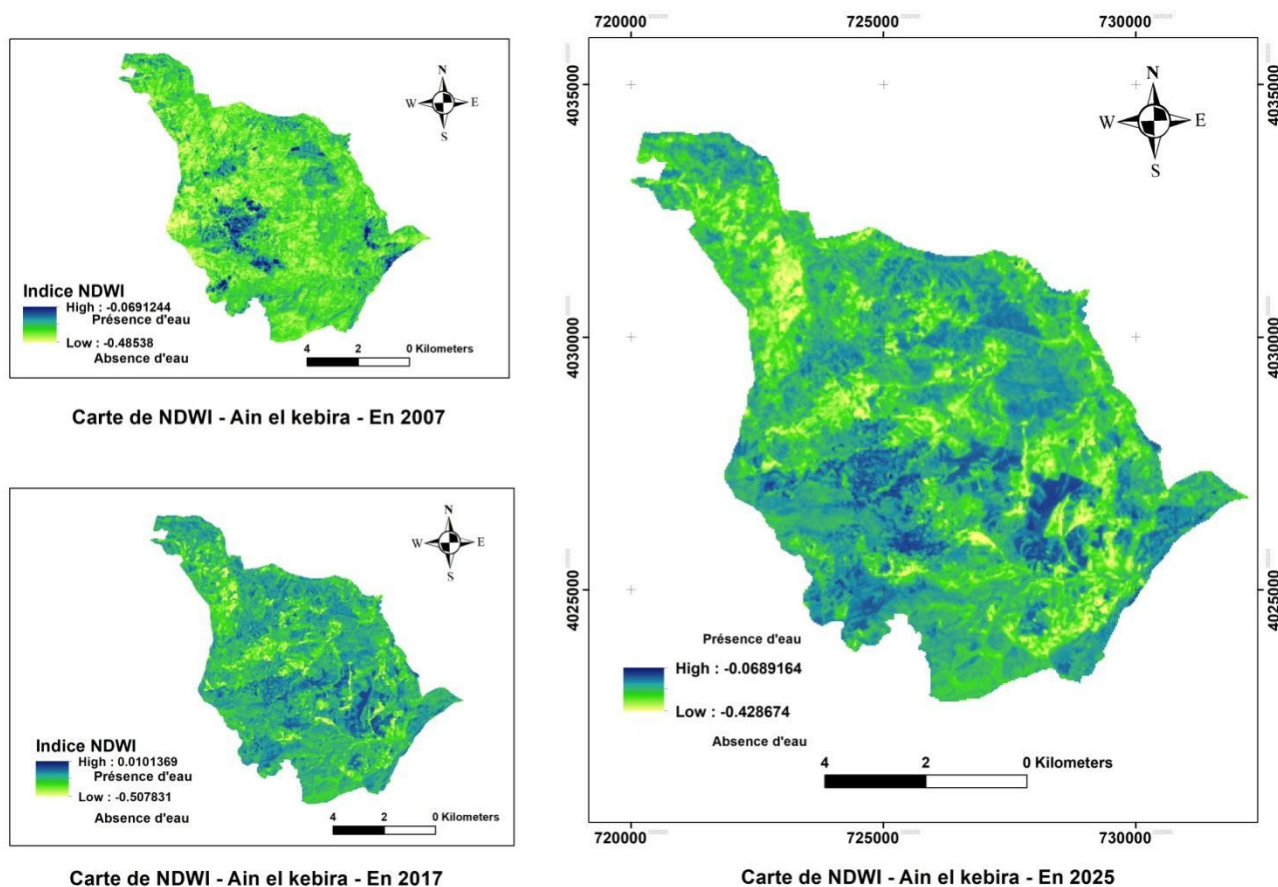


Figure 40: Analyse diachronique de l'indice NDWI dans la région d'Ain ELKebira entre 2007-2025

Chapitre V

Enquête socio-économique

V. Enquête socio-économique

V.1 Résultats

V.1.1 Profil de la population enquêtée

Le nombre des enquêtés est réparti principalement dans la partie Nord du sétifois. Cette répartition est justifiée par la concentration des mares visitées sur cette partie.

- **Age**

L'analyse de la répartition par âge des usagers montre que la majorité se situe dans la tranche 35-50 ans, représentant 46 % des participants. Les jeunes adultes âgés de 25 à 35 ans constituent 21 % des enquêtés, tandis que les personnes âgées de 50 à 75 ans, représentent 33 %. Ces résultats indiquent que l'utilisation ou la fréquentation des mares concerne particulièrement les adultes d'âge moyen, tout en restant significative chez les jeunes adultes et les personnes plus âgées (Figure 41).

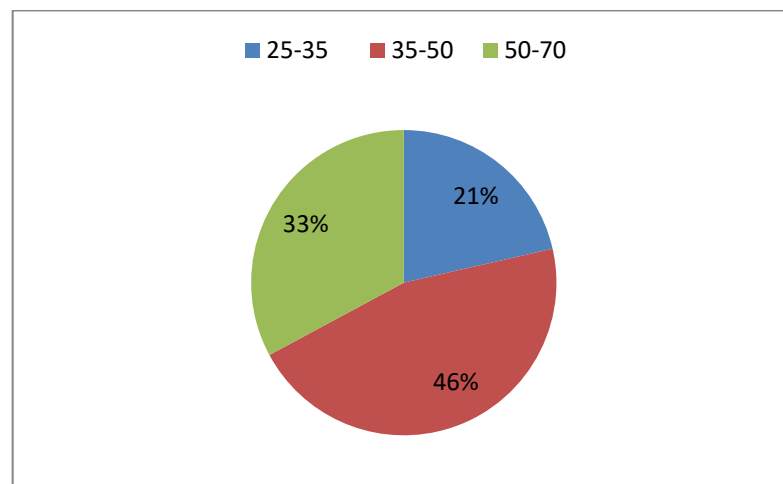


Figure 41: L'âge de la population enquêtée

- **Sexe**

La répartition des usagers selon le sexe montre une nette prédominance masculine, les hommes représentent 74 % des participants, tandis que les femmes constituent seulement 26 %. Cette proportion met en évidence une participation nettement plus élevée des hommes dans les activités liées aux mares, comparativement aux femmes (Figure 42).

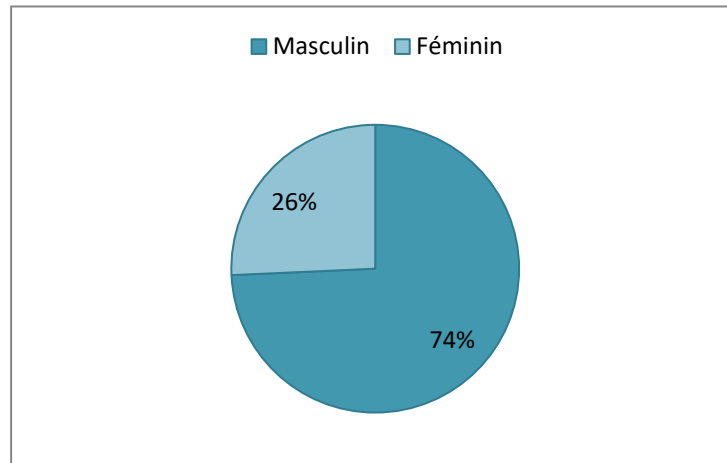


Figure 42: Le sexe de la population enquêtée

- **Niveau d'éducation**

Le niveau d'éducation des enquêtés est varié: 9 % possèdent un niveau universitaire, 31 % ont un niveau secondaire, 27 % un niveau primaire, et 33 % sont analphabètes. Ces données suggèrent que la majorité des participants sont des agriculteurs ou travaillent dans des activités liées à l'agriculture (Figure 43).

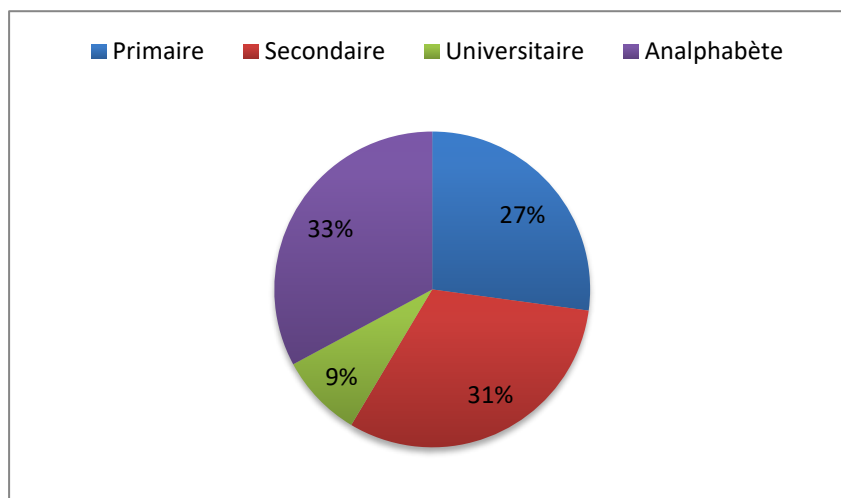


Figure 43: Le niveau scolaire de la population enquêtée

V.1.2 Perception des mares par la population

- **Localisation des mares**

La population enquêtée (86%) confirment la présence d'une ou plusieurs mares à l'intérieure de leurs propriétés, et affirment que les mares sont très importantes en terme d'usage dans les différentes pratiques telles que le pâturage, agriculture, abreuvement, drainage (Figure 44).

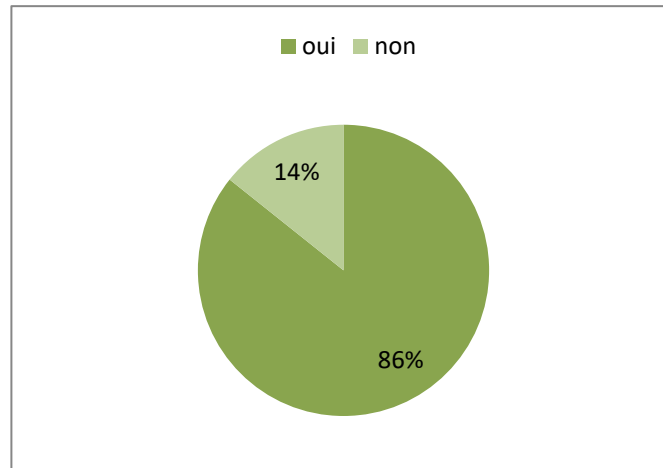


Figure 44: Localisation des mares

- **Alimentation des mares**

Selon la population enquêtée, il existe trois types de sources d'alimentation des mares (Figure 45). La majorité des enquêtés (71%) disent que l'alimentation des mares en eau se fait principalement par les précipitations, alors que 20% affirment que les mares s'alimentent à partir des sources, et 9% citent les nappes phréatiques comme source d'alimentation des mares.

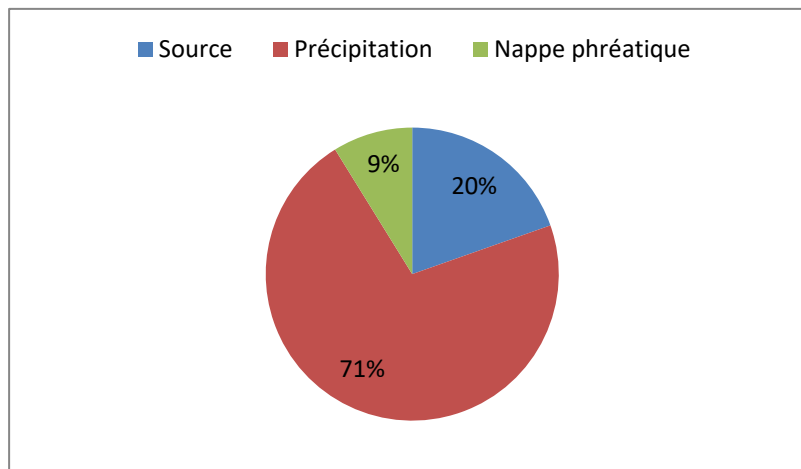


Figure 45: Types d'alimentation des mares

- **Superficie des mares**

D'après les enquêtes effectuées auprès de la population locale, 7 % estiment que la superficie des mares varie entre 1 000 et 8 000 m², 54 % indiquent qu'elle se situe entre 400 et 900 m², tandis que 39 % affirment qu'elle varie entre 20 et 400 m² (Figure 46).

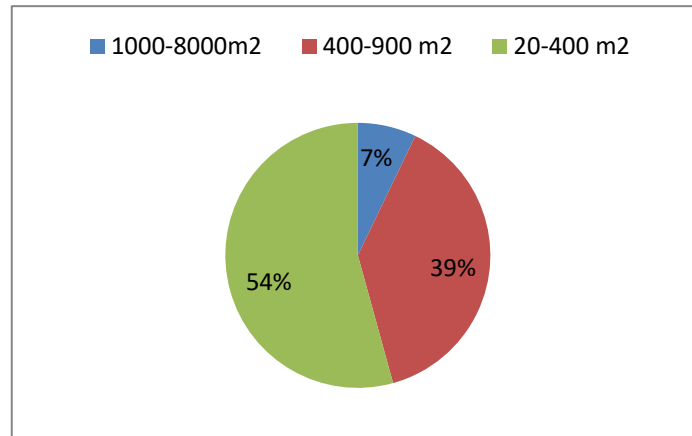


Figure 46: Superficie des mares

- **Profondeur des mares**

La figure 47, montre une variation de la profondeur des mares inventoriées: 54 % des personnes interrogées estiment qu'elle varie entre 10 et 50 cm, 32 % indiquent une profondeur comprise entre 50 cm et 1 m, tandis que 14 % la situent entre 1 et 4 m.

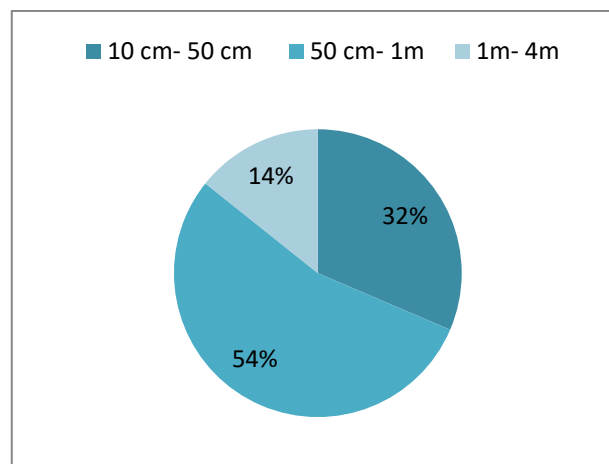


Figure 47: Profondeur des mares

- **Statut foncier**

Selon la population (70%), les mares appartiennent au secteur privé, ce qui leurs permet de bénéficier d'un droit d'usage pour le pâturage et la récolte des plantes médicinales, drainage, irrigation des champs de culture et abreuvement des bétails (Figure 48).

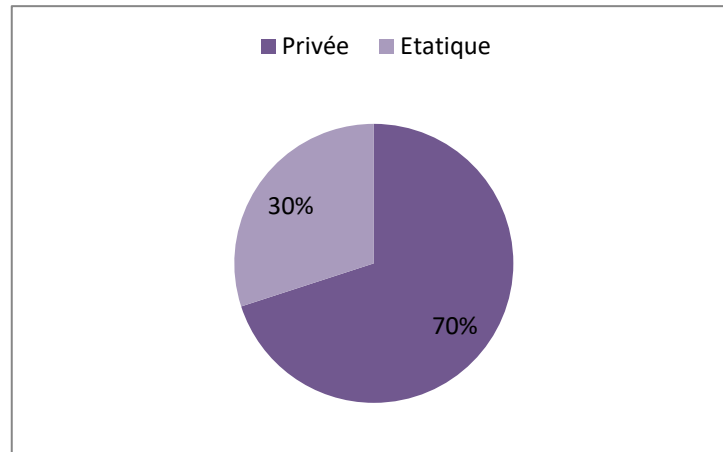


Figure 48: Statut foncier des mares

V.1.3 Usages des mares par la population locale

Près de 31 % de la population interrogée rapporte que l'importance des mares réside dans leur utilisation comme parcelles agricoles, 29% exploitent les mares pour leur herbe, tandis que 26 % perçoivent leur intérêt dans l'eau qu'elles fournissent, servant à l'abreuvement du bétail et à l'irrigation des cultures. Enfin, les mares constituent également une source importante de plantes médicinales, 14 % des enquêtés affirmant récolter ces plantes et les utiliser dans leur vie quotidienne (Figure 49).

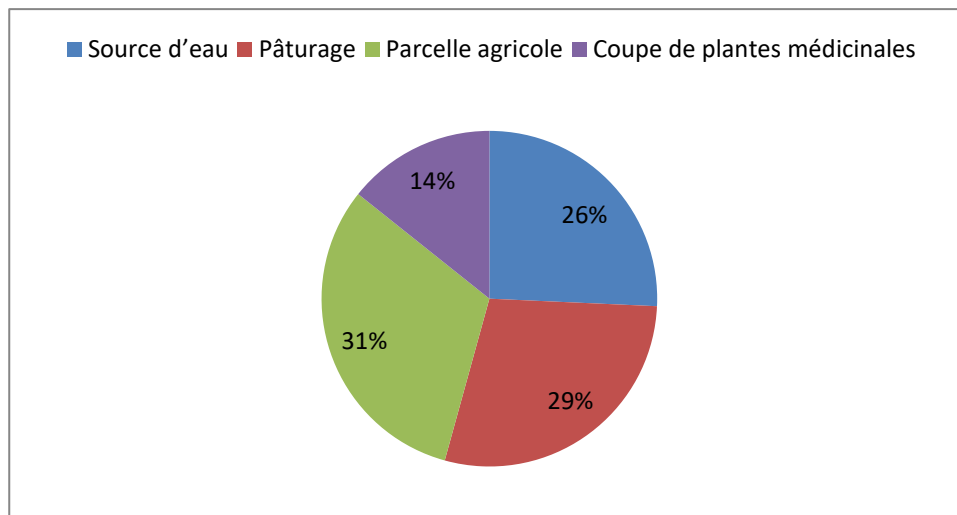


Figure 49: Usages des mares

- **Charge pastorale**

La charge pastorale sur les mares est considérée par 74 % des enquêtées comme forte, ils pensent que cette charge peut détruire la végétation, et ceci peut s'expliquer par le pâturage excessif de tous les jours sauf dans les conditions défavorables comme la neige. 14% des enquêtées considèrent que la charge est plutôt moyenne. Cependant 12% des personnes

interviewées disent que la charge pastorale est faible et ne cause aucun préjudice aux mares temporaires (Figure 50).

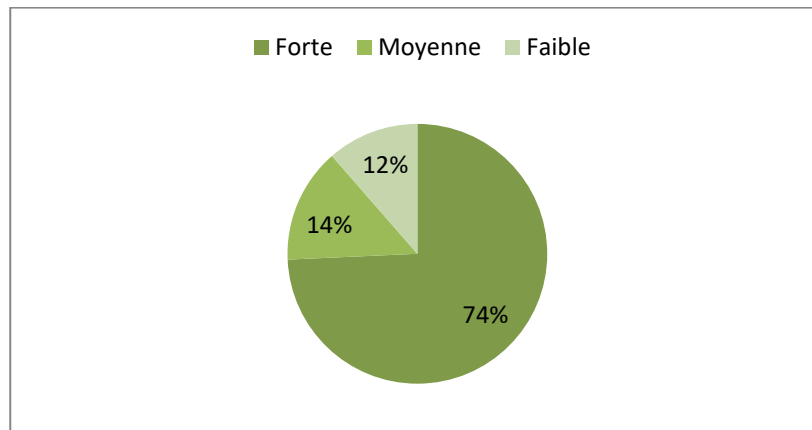


Figure 50: Charge pastorale sur les mares

- **Utilisation agricole des mares**

La population enquêtée reconnaît l'utilisation non seulement de l'eau pour l'irrigation de la céréaliculture (84 %) et le maraîchage (16 %), principalement destinés à l'autoconsommation. Mais également la transformation des mares par comblement en des terres agricoles (Figure 51).

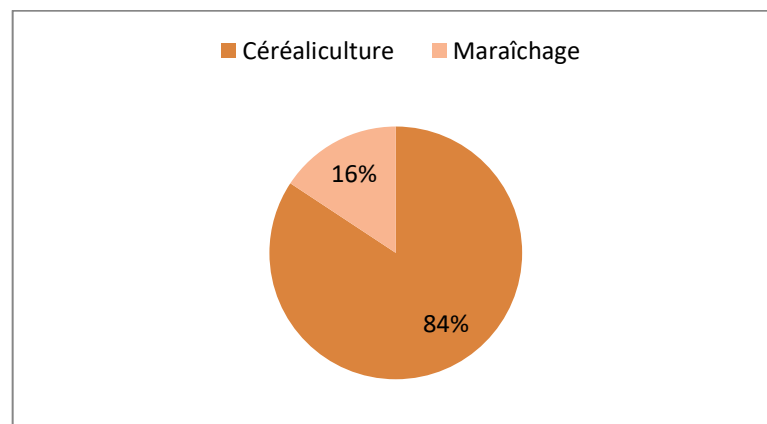


Figure 51: Utilisation agricole des mares

- **Loisirs**

D'autres usages des mares ont été identifiés lors de cette enquête. Il s'agit principalement de leur utilisation en tant qu'espace pour des pratiques sportives, le cas de la mare Ain Legradj transformée en terrain de football une fois asséchée (Figure 52).

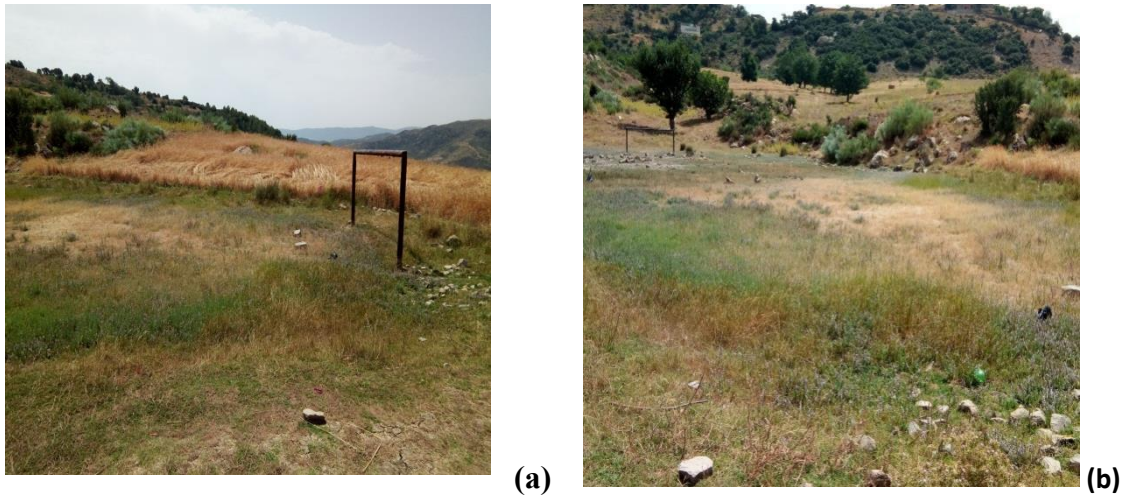


Figure 52: Utilisation de la mare pour loisir -Mare Ain Lagredj- (Slimani ; 2018)

- **Thérapie**

La mare d'Ain Legradj constitue une source de sangsues utilisées en médecine traditionnelle (Hirudothérapie). Ces dernières sont employées en hiver pour traiter certaines affections circulatoires et inflammatoires. Selon Hosseini et *al* ; 2024 soulignent que l'emploi thérapeutique des sangsues médicinales, notamment dans le cadre de l'Hirudothérapie, suscite un regain d'intérêt dans la médecine moderne, cette technique complémentaire a montré des résultats positifs dans le traitement de diverses affections troubles métaboliques, inflammatoires et cardiovasculaires. Sur le plan mécanistique, la salive des sangsues contient de nombreux composés bioactifs (anticoagulants, anti-plaquettaires, anti-inflammatoires) qui améliorent la micro-circulation et favorisent la cicatrisation tissulaire (Farzali et *al* ; 2025).

Selon Duarte Lopes, (2024), les sangsues sont utilisées dans de nombreux hôpitaux et pour différentes indications, par exemple au CHU de Lille dans le service de traumatologie septique.

- **Chasse**

La chasse aux canards est pratiquée principalement dans les grandes mares, notamment dans les mares de Zaatria au niveau de Djebel Megriss, Laamara et Bouasfour dans la commune de Dhamcha. Cette observation souligne l'importance de certaines mares comme lieux de chasse traditionnelle pour les populations locales (Figure 53).



Figure 53: Chasse des canards dans la mare Zaatria –Djebel Megriss- (Slimani.Y, 2018)

V.1.4 Menaces sur les mares

Suite aux réponses obtenues, trois niveaux de menaces sur les mares sont identifiés permettant ainsi de définir trois catégories de mares (Figure 54):

- Les mares à menace faible, représentent 16% du total des mares; elles se rencontrent principalement dans les régions isolées et difficiles d'accès ce qui rend la pression humaine très faible voire absente.
- Les mares à menace moyenne, elles représentent 20 % des mares inventoriées, généralement localisées près prairies.
- Les mares à menace forte, représentent 64 % des 106 mares recensées; ces mares sont principalement localisées en milieu agricole, ou proches des habitations et accessible par la population locale. Elles sont les plus en danger et risquent la disparition.

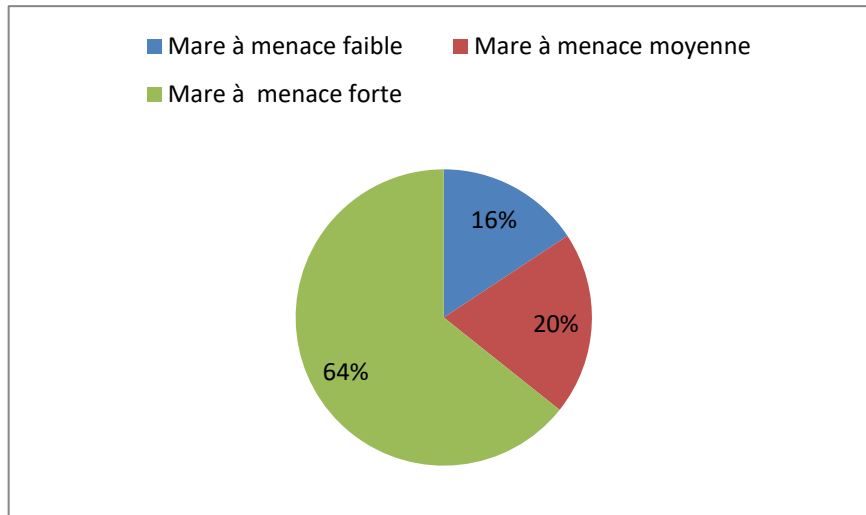


Figure 54: Catégories de mares selon le niveau de menaces

V.1.5 Perception des menaces par la population locale

Environ 71% de la population enquêtée estime que les mares de la région du Sétifois ont connu une dégradation durant les dernières années. Cette dégradation a été perçue de différentes manières par la population: régression des fonctions et des services procurés par les mares (approvisionnement en biomasse végétale et en eau). Seulement 13 % de la population affirment que les mares n'ont pas connu de dégradation durant ces dernières années. 16% était sans opinion et ont refusé de répondre (Figure 55).

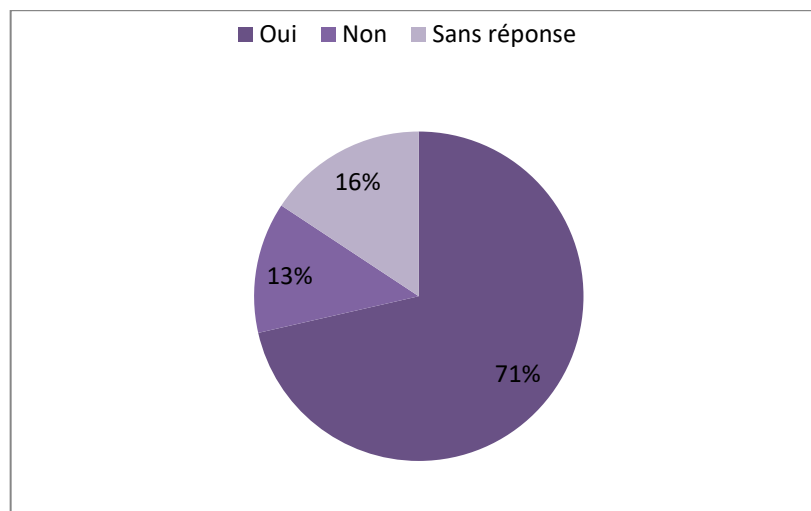


Figure 55: Menaces par la population locale

V.1. 6 Perception des activités locales menaçant l'existence des mares

Pour les activités locales qui peuvent menacer l'existence des mares, 40% des réponses citent les activités agricoles. Le pâturage vient en deuxième position avec 31%, la charge pastorale est intense pour la majorité des mares induisant le piétinement des bords ce qui peut conduire

à une dégradation dans le couvert végétale de ces habitats. 17% des enquêtés déclarent que le drainage peut menacer l'existence des mares, alors que 12% estiment que le comblement par les déchets parfois arrive à détruire les mares. Selon, les enquêtés, les activités touristique et de loisir n'ont aucun impact sur les mares dû à l'absence des visites (Figure 56). Il est à signaler, que l'usage des pesticides impacts les mares. 81% des personnes interrogées affirment l'utilisation des traitements pour les cultures de deux types soit des pesticides ou des fertilisants.

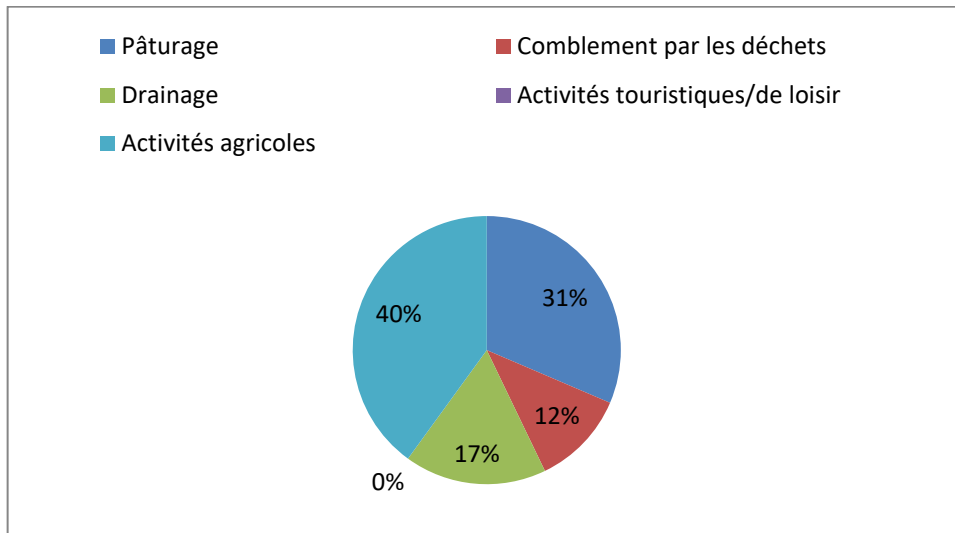


Figure 56: Les activités qui menacent l'existence de la mare

V.1. 7 Plantes médicinales

Dix-huit plantes médicinales ont été citées pour leurs vertus thérapeutiques (Annexe 5).

- **Utilisation des plantes médicinales selon l'âge**

Les résultats de l'enquête révèlent que l'usage des plantes médicinales est plus marqué chez les personnes âgées de 35 à 50 ans (46 %). Cette proportion diminue chez les individus appartenant à la tranche d'âge de 50 à 70 ans (33 %). En revanche, les jeunes adultes âgés de 25 à 35 ans ne représentent que 21 % des utilisateurs, traduisant un intérêt relativement faible pour les pratiques phytothérapeutiques (Figure 57).

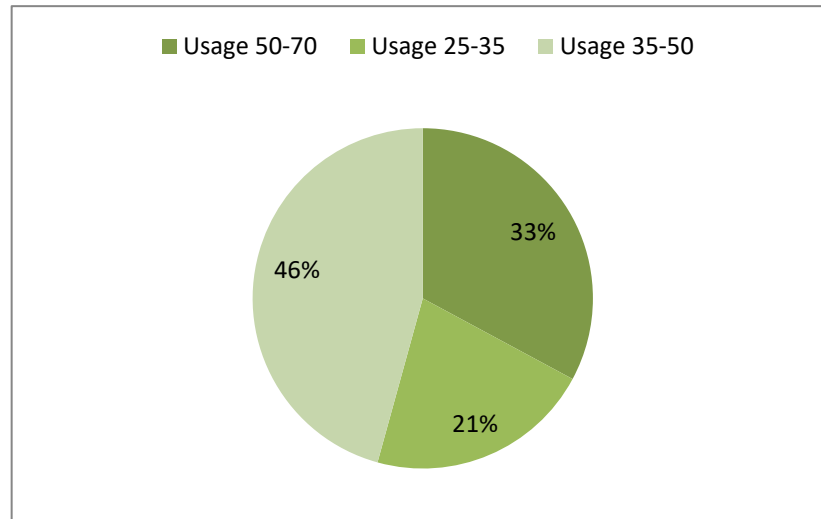


Figure 57: Utilisation des plantes médicinales selon l'âge

- **Utilisation des plantes médicinales selon le sexe**

D'après les résultats de l'enquête, les hommes (74 %) utilisent les plantes médicinales plus fréquemment que les femmes (26 %). La majorité d'entre eux ont déclaré recourir à au moins une plante médicinale.

- **Utilisation des plantes médicinales selon le niveau d'étude**

La majorité des usagers des plantes médicinales sont analphabètes, représentant 36 % de l'échantillon. Il s'agit principalement de personnes âgées appartenant à la tranche d'âge de 50 à 70 ans. Par ailleurs, 26 % des personnes ayant un niveau d'instruction primaire déclarent utiliser les plantes médicinales (Figure 58). Les individus ayant un niveau secondaire y recourent également de manière non négligeable (21 %), tandis que ceux ayant un niveau d'études universitaires ne les utilisent que très faiblement (17 %).

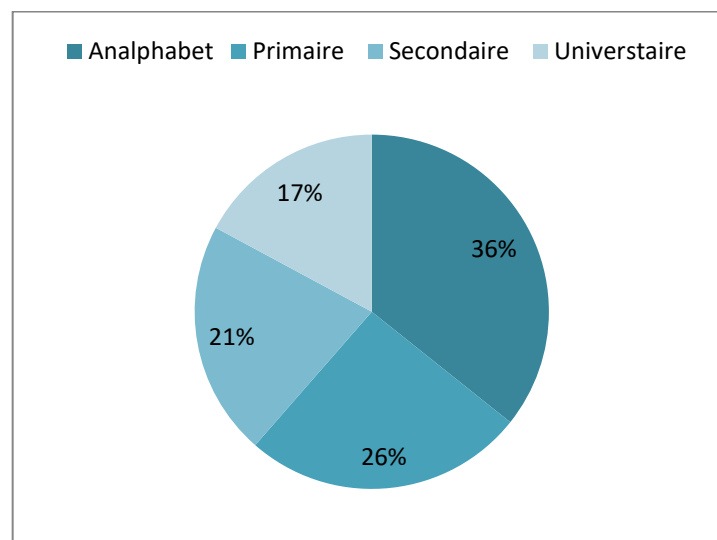


Figure 58: Utilisation des plantes médicinales selon le niveau d'étude

- **Parties utilisées**

Les parties utilisées sont essentiellement les feuilles, les fleurs et les graines. Les résultats de cette enquête montrent que la les feuilles est sont la partie des plantes médicinales la les plus utilisées (36%), suivies les fleurs (29%) et les graines (21%). L'ensemble des bulbes et, rhizomes détiennent un pourcentage cumulé de 14% (Figure 59).

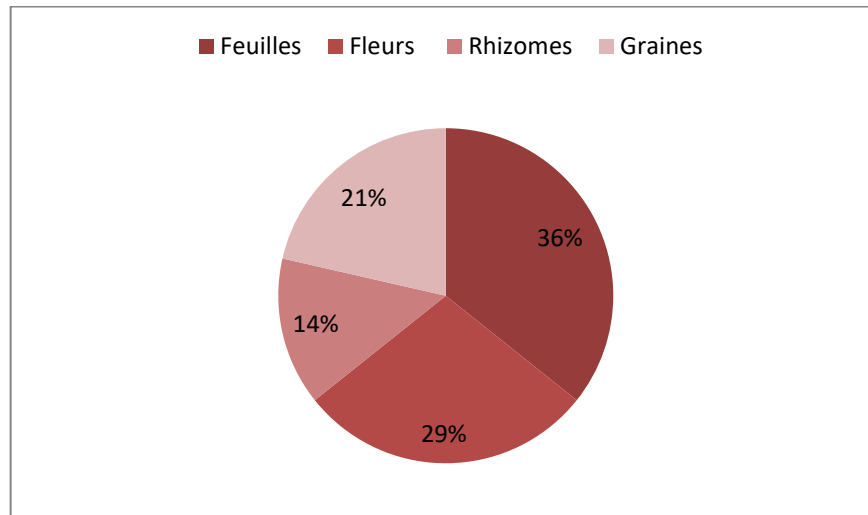


Figure 59: Parties utilisées des plantes médicinales

Le recours aux feuilles peut être expliqué par l'aisance et la rapidité de leur récolte (Salhi et *al.*, 2010) et par le fait qu'elles sont le siège de la photosynthèse et parfois du stockage de métabolites secondaires responsables des propriétés biologiques de la plante. L'utilisation accrue des feuilles a été également rapportée dans d'autres travaux (Ouattara, 2006 ; Benkhigne *et al.*, 2011 ; Boutabia *et al.*, 2011 ; Zerbo *et al.*, 2011 ; Tahri *et al.*, 2012 ; Diatta *et al.*, 2013 ; Chermat & Gharzouli, 2015 ; Jdidi & Hasnaoui, 2016). En effet, Selon Daoudi et *al.*, (2015), la faible utilisation des parties souterraines (racines, bulbes et rhizomes) est une chose positive pour éviter le déterrement des plantes, Alors qu'une l'utilisation moyenne des fleurs et fruits permet une régénération naturelle des plantes.

- **Les maladies traitées**

Les espèces du Tell algérien sont utilisées pour le traitement d'une gamme des maladies (Figure 60). Pour notre région d'étude, 40% des plantes sont utilisées pour le traitement des fièvres et douleurs, suivie par le traitement des douleurs rhumatismales (26%), les maladies respiratoires (21%), et enfin les maladies cutanées (13%).

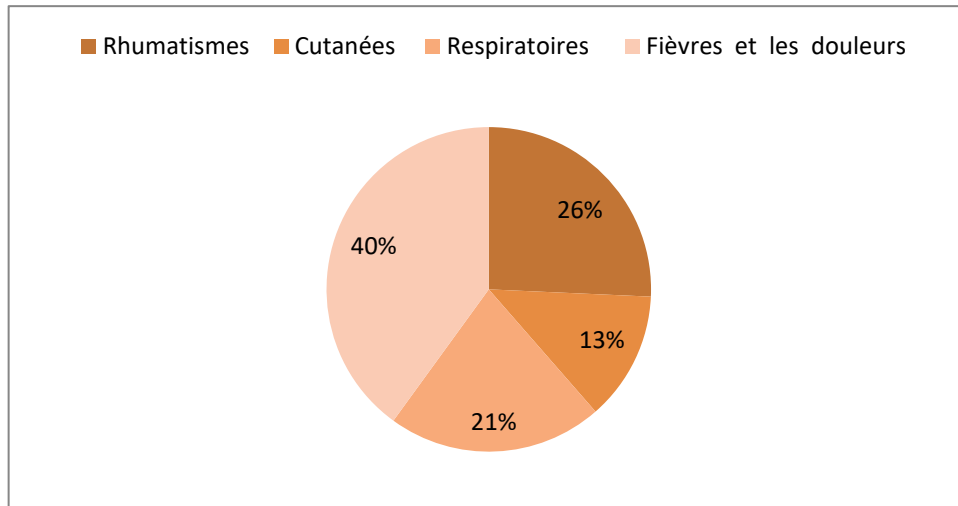


Figure 60: Les maladies traitées par les plantes médicinales

- **Mode de préparation**

L'infusion est le mode d'emploi le plus fréquent (41%), vient par la suite la décoction avec 26%, suivie de la macération avec 17% (Figure 61). Généralement, la plupart des remèdes, principalement ceux pour traiter les maladies gastriques, urogénitales et respiratoires, sont préparés essentiellement par infusion (Daoudi et *al.*, 2015).

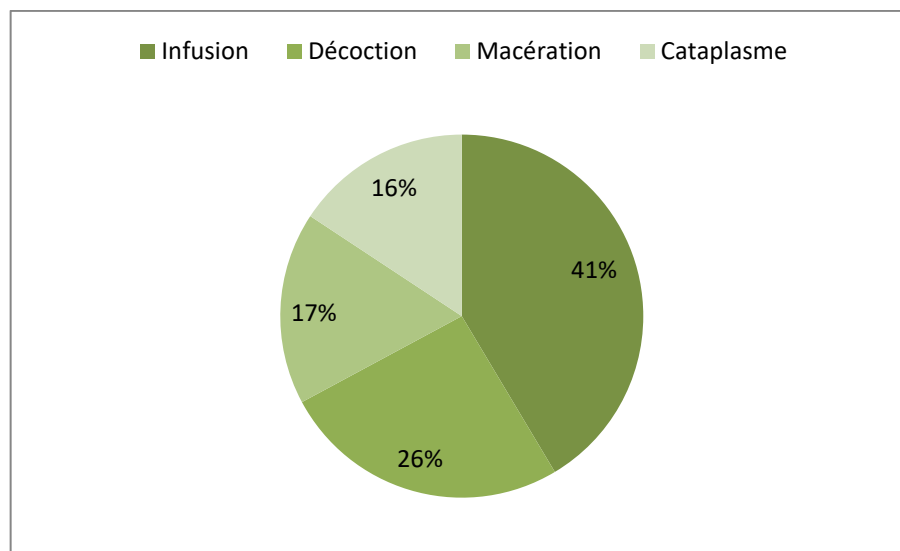


Figure 61: Mode de préparation des plantes médicinales

V.1.8 Résultats d'enquête des autorités locales sur les mares

L'enquête a été réalisée auprès de 25 personnes travaillant dans les circonscriptions des forêts d'Eulma, Beni Aziz et Ain Abbassa, afin d'évaluer leur perception et leurs pratiques en matière de conservation des mares dans le Sétifois. Les participants, tous impliqués dans la gestion des ressources naturelles et la protection des espaces forestiers, ont été interrogés sur

l'importance écologique des mares, les menaces auxquelles elles sont exposées, l'existence éventuelle de mesures légales et les actions de gestion actuellement mises en œuvre ou envisageables.

Les résultats de l'enquête menée auprès des autorités locales montrent que la majorité des répondants connaissent la localisation des mares dans leurs secteurs de travail. Mais ils ont ignorées totalement l'importance et les services rendus par ces mares, ils se limitent à une définition technique des mares comme étant des dépressions inondables et/ou des eaux stagnantes dans des terrains agricoles. Les personnes interrogées indiquent néanmoins qu'il n'existe actuellement aucune loi spécifique permettant de protéger ces milieux. Parmi les principales menaces identifiées, le pâturage apparaît comme l'activité la plus impactante, suivie par les pratiques agricoles, après la chasse. Les résultats révèlent également que les mares ne sont pas intégrées dans les programmes de gestion des services forestiers, principalement en raison de l'absence d'un cadre législatif adapté. Lorsque les participants proposent des pistes de gestion, ils suggèrent de limiter le pâturage, de renforcer le suivi de la faune et de la végétation comme cela se fait pour les zones humides salées, ainsi le suivi de la flore et de faire un plan de gestion pour protéger ces habitats. De développer des actions de sensibilisation auprès des citoyens et dans les établissements scolaires, et d'œuvrer à la mise en place de textes réglementaires permettant de protéger durablement ces écosystèmes.

V.2 Discussion

Les représentations et les attentes des communautés locales constituent des éléments déterminants dans la manière dont les individus interagissent avec les milieux naturels et les gèrent (Walters, 2004; Tibby, 2008). La croissance démographique, qui accompagne inévitablement ces transformations, entraînera très probablement une pression supplémentaire sur les zones humides déjà fortement dégradées (Ferchichi et *al.*, 2014). L'accroissement et la généralisation des activités humaines figurent parmi les principales causes de la disparition des mares temporaires dans le bassin méditerranéen (Grillas et *al.*, 2004).

La présente étude, centrée sur la relation homme-mare a permis de déceler les différentes perceptions de la population locale vis-à-vis des mares du Sétifois. Ces perceptions peuvent être regroupées en deux types :

- a. La mare-ressource (usages actuels).
- b. La mare-nuisance

V.2.1 Perception mare-ressource

La présente étude confirme les conclusions de Rhazi et al. (2006), selon lesquelles les zones humides des pays en développement sont généralement considérées comme des espaces riches

en ressources, fournissant de nombreux services à la population, notamment le pâturage, l'approvisionnement en eau, l'agriculture et les plantes médicinales. Dans la région étudiée, cette perception est vraisemblablement dominante car ces services sont intimement liés au mode de vie des habitants, dont les activités principales sont centrées sur l'agriculture et l'élevage. Cette approche utilitariste est particulièrement prononcée chez les hommes, traduisant leur forte dépendance à ces milieux pour satisfaire les besoins du bétail (eau, pâturage) ainsi que ceux de la communauté locale (agriculture). Par ailleurs, la perception de ces espaces est aussi façonnée par le statut foncier : la majorité des usagers étant des propriétaires privés, ils tendent à promouvoir une vision des mares comme des ressources en libre accès, utilisées pour l'eau, le pâturage et les plantes médicinales.

Globalement, la population Sétifienne perçoit les mares du Sétifois comme des espaces susceptibles d'être réaffectés à d'autres usages tels que l'agriculture ou le pâturage. Cette représentation, largement partagée à l'échelle mondiale (Walters 2004, Kangalawe 2005), constitue l'un des principaux facteurs expliquant la transformation fréquente des zones humides en terres agricoles.

V.2.2 Perception « mare-nuisance »

Environ 12 % des habitants, majoritairement issus des secteurs de l'agriculture et de l'élevage, perçoivent les mares comme des espaces insalubres et sources de nuisances, en raison notamment de la prolifération des moustiques. Cette perception négative constitue l'un des principaux moteurs du comblement et du drainage de ces zones humides (Smith 1965, Morgan 1982, Barbier et al. 1997).

V.2.3 Perception des mares par les autorités locales

Pour les autorités locales, les mares sont perçues comme des écosystèmes de petite taille et de nature éphémère, localisés dans des dépressions endoréiques, et accueillant une biodiversité floristique et faunistique notable. Elles offrent parfois certains services à la population, notamment pour la chasse, en particulier celle des canards. Lors des entretiens avec les agents forestiers des circonscriptions forestières des communes (Ain Abbassa, Béni aziz, El Eulma, Bougaa), il a été reconnu que ces milieux sont utilisés par la population locale à diverses fins (agriculture, pâturage, drainage), ce qui peut, dans certains cas, entraîner leur destruction totale. Ces acteurs locaux soulignent notamment l'absence de textes législatifs spécifiques assurant la protection de ces mares, ainsi que le manque d'études scientifiques sur ce sujet dans la région, où l'attention est davantage portée sur d'autres zones humides telles que les Chotts et les Sebkhs. Ils relèvent également l'absence de plans de gestion dédiés à leur

préservation, ainsi que le manque d'actions de sensibilisation à destination des populations locales pour valoriser l'importance de ces milieux.

Perspectives

Dans ce contexte, la conservation repose principalement sur le maintien du fonctionnement hydrologique et de la stabilité écologique des sites. Concrètement, cela pourrait se traduire par une limitation de l'accès aux mares, ainsi que par la mise en place de fiches descriptives spécifiques à chaque mare, précisant leur dénomination, la flore et la faune qu'elles abritent, ainsi que leur importance écologique.

Par ailleurs, il est urgent d'instaurer un programme de suivi régulier de la biodiversité, en particulier des communautés végétales et animales. Ce suivi, idéalement saisonnier, permettrait de surveiller l'évolution des espèces rares et d'utiliser certaines espèces indicatrices pour évaluer l'état écologique des mares. Étant donné que ces milieux constituent de véritables niches écologiques, notamment pour les oiseaux migrateurs, la création d'un observatoire permanent dédié à leur suivi et à leur étude est fortement recommandée. En complément, un inventaire exhaustif de la faune, en parallèle à celui de la flore déjà amorcé, serait indispensable.

Toute stratégie de conservation devrait également inclure une campagne de sensibilisation à destination des populations locales, afin de les impliquer directement dans la gestion et la préservation des mares. L'intégration des communautés locales est cruciale, car elle permet d'élaborer des plans de gestion qui incluent un pâturage contrôlé à certaines périodes de l'année, maintenant ainsi un équilibre entre perturbations naturelles et conservation.

Le manque de textes législatifs accentue la vulnérabilité des mares face aux pratiques humaines. Leur préservation nécessite donc la mise en place de mesures combinant des actions à court et moyen terme, mais celles-ci resteront insuffisantes sans une réelle prise de conscience des pouvoirs publics. Parmi les mesures proposées figurent : l'interdiction de construire des habitations à proximité des mares, l'interdiction de jeter des déchets de toute nature dans ces milieux, ainsi que l'interdiction d'exploiter l'eau des mares pour différents usages. Il convient également d'interdire la récolte des plantes médicinales et de prévoir des dispositions pénales pour sanctionner ces infractions. L'implication des services de conservation des forêts, notamment des agents forestiers chargés de signaler toute anomalie, est également essentielle.

La conservation des mares repose sur une combinaison de stratégies in situ et ex situ visant à préserver leur fonctionnement écologique et la biodiversité qui leur est associée. Les actions in situ sont prioritaires et consistent à protéger les mares directement dans leur environnement naturel, notamment par le classement en zones protégées, la mise en place de zones tampons limitant l'urbanisation, la préservation du régime hydrologique des mares. Elles incluent également la restauration des mares dégradées par le décolmatage, le reprofilage des berges ou la réintroduction de plantes indigènes. En complément, les stratégies ex situ visent à conserver hors site les espèces les plus menacées ou les ressources génétiques associées aux mares, par exemple à travers les banques

de graines, les cultures en jardins botaniques, les programmes de reproduction en captivité pour certains amphibiens et la constitution de microcosmes en laboratoire permettant de maintenir des invertébrés sensibles. Ces approches soutiennent ensuite des programmes de réintroduction ou de renforcement des populations dans les mares restaurées. Ainsi, la conservation durable des mares nécessite une approche intégrée combinant protection sur le terrain, gestion adaptative et sauvegarde hors milieu naturel lorsque les pressions menacent la survie des espèces locales.

Parmi les plans d'action pour la protection des zones humides, l'Algérie lance sa Stratégie nationale de gestion écosystémique des zones humides 2015-2030. La stratégie a été réalisée de façon entièrement participative, résultant d'une contribution conjointe de plusieurs acteurs de la coopération multilatérale, à l'image de la Convention de Ramsar, du Fonds Mondial pour la Nature (WWF), et du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) en Algérie.

Cette stratégie constitue un instrument d'accompagnement de tous les secteurs pour une gestion durable des zones humides, permettant de contribuer à la lutte contre la désertification, ainsi que l'adaptation aux changements climatiques, l'atténuation de leurs effets et la protection des ressources hydriques du pays.

Elle vise par ailleurs, la préservation des zones humides du pays et le renforcement de leur résilience aux changements climatiques, ceci à travers une gestion écosystémique leur permettant de continuer à fournir des biens et services écologiques. La Stratégie Nationale a également été préparée en réponse aux engagements internationaux de l'Algérie en matière de conventions internationales, telles que les Conventions de Ramsar, de la diversité biologique et celle relative aux changements climatiques.

Dans la Résolution VIII.33, relative à l'identification, la gestion durable et la désignation des mares temporaires comme zones humides d'importance internationale, les parties contractantes sont appelées pour s'assurer d'une gestion durable des mares temporaires, les approches suivantes sont préconisées:

- (a) Veiller à ce que les mares temporaires soient considérées comme un type de zones humides à part entière dans les inventaires nationaux.
- b) Veiller à ce que leur fonctionnement hydrologique propre, notamment leur indépendance vis-à-vis de milieux aquatiques permanents, soit maintenu.
- c) Veiller à ce que les ressources naturelles qu'elles fournissent, en terme d'eau et de fourrage par exemple, ne soient pas surexploitées.
- d) Assurer un suivi régulier des mares temporaires qui sont connues, afin d'identifier et d'écarter les menaces directes ou indirectes pouvant survenir.
- e) Veiller à ce qu'avant toute création de nouvelle mare, une évaluation d'impact soit conduite afin de vérifier que cette création n'affecte pas de façon négative l'écosystème environnant.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Ce travail a pour objectifs l'inventaire de la flore des mares du Sétifois, l'étude des interactions entre la faune et la flore, l'évaluation de l'état de ces écosystèmes face aux menaces anthropiques et climatiques, ainsi que le suivi de leur évolution diachronique afin de déterminer leur régression ou disparition. Une enquête socio-économique a été réalisée pour recueillir les perceptions des populations locales et des administrations concernant ces mares et les pressions qu'elles subissent. Enfin, cette étude vise à proposer des mesures et stratégies de conservation adaptées pour assurer la préservation durable de ces habitats.

L'étude a mis en évidence la richesse du Sétifois en mares temporaires où 106 mares sont recensées. La flore est composée de 139 espèces. Les interactions faune-flore se traduisent principalement par le pâturage, piétinement qui peut parfois conduire à une perte de la biodiversité floristique et faunistique et menacer les espèces caractéristique de la mare. Cependant, d'autres usages plus intensifs (agriculture, drainage, utilisation thérapeutique traditionnel de certaines plantes médicinales) réduisent sensiblement la richesse de ces milieux par la modification des conditions locales (biotique et abiotique). Les résultats de l'enquête socio-économique montrent que la population locale est consciente de l'état de dégradation avancée des ressources des mares, et reconnaît l'influence de l'intensification des usages. Le développement démographique et économique accroît le besoin en terres arables afin de nourrir la population locale, les réponses à ces besoins se traduiront dans un avenir proche par une intensification des pratiques agricoles et par conséquent par une perte importante des habitats naturels, y compris les mares.

Ainsi ces mares subissent une pression croissante liée au déséquilibre entre la disponibilité des ressources naturelles et des besoins sociaux en constante augmentation. Cette situation accélère leur dégradation et compromet leur équilibre écologique.

Face à ces enjeux, il apparaît indispensable de mettre en place des mesures de conservation adaptées, reposant sur une gestion intégrée et durable des mares. Ainsi, la conservation des mares du Sétifois nécessite une approche concertée conciliant protection de la biodiversité et développement socio-économique, afin de garantir la pérennité de ces habitats naturels et des services écosystémiques qu'ils fournissent.

Bibliographie

Bibliographie

Bibliographie

- Abe-Goulier J.-C., Maury-Deleu V., Brien V., Bernet E., Chaïb J., Coube J.-M., Domingues C. & Marchalot A., 2019. *Mares de Normandie*. Editions des Falaises., Rouen : C.A.U.E. Seine Maritime, 143 p.
- Angélibert, S., Indermühle, N., Luchier, D., Oertli, B., & Perfetta, J. 2010. The Pond Biodiversity: a new tool for the rapid assessment of biodiversity in ponds from Switzerland. *Limnetica*, 29 (1), 93-104.
- Anonyme, 2002. La Convention sur les zones humides. Résolution VIII.33 - La désignation de mares temporaires. http://www.ramsar.org/key_res_viii_33f.ht
- Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière (ANIREF)
- Amigo, J. J., 1987. Exit la mare temporaire de St Estève (St Estève, Pyrénées Orientales, France). *Nat. Rusc.* 1: 71-136.
- Amraoui, F. & Bouguerne, Ch. (2016). Évaluation de l'état actuel des mares temporaires du Djebel Megress. Mémoire de Master en Biologie, Université Ferhat Abbas Sétif 1, 121 p.
- Axiak, V., E. Mallia, V. Gauci, P. J. Schembri, A. Mallia & A. J. Vella, 1999. *State of the environment. Summary report for Malta 1998*. Malta University Press, 130 pages.
- Bagella, S., Caria, M.A., Farris, E. and Filigheddu, R.S., 2009, Spatial-time variability and conservation relevance of plant communities in Mediterranean temporary wet habitats: A case study in Sardinia (Italy). *Plant Biosystems*, 143, 435–442.
- Bagnouls F., Gaussen H., 1957 - Les climats biologiques et leur classification. *Ann. Géogr.* 355 (LXVI^eannée) : 193- 220 .
- Bakker J.P. 1989. Nature management by grazing and cutting. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Baker J., Beebee T., Gent T. & Orchard D., 2011. – Amphibian Habitat Management Handbook. Amphibian and Reptile Conservation., Bornemouth, 69 p.
- Barrioz M., Cochard P.-O., Voeltzel V. & Lecoq C., 2015. – Amphibiens et reptiles de Normandie.
- Barbero, M., J. Giudicelli, R. Loisel, P. Quézel & E. Terzian, 1982. Etude des biocénoses des mares et ruisseaux temporaires à éphémérophytes dominants en région méditerranéenne française. *Bull. Ecol.* 13(4): 387-400.
- Barbéro, M. 1989: caractérisation de quelques structures et architectures forestières des arbres et arbustes à feuilles persistantes de l'étage méditerranéen-Rev.For.Fran.5 :371-380.

Bibliographie

- Barbéro, M., Quézel, P. and Rivas-Martinez, S., 1981, Contribution à l'étude des groupements forestiers et pré-forestiers du Maroc. *Phytoceonologia*, 9, 311–412.
- Barbier E.B., Acreman M., Knowler D. 1997. Economic Valuation of Wetlands a guide for policy makers and planners. Ramsar Convention Bureau, Gland Switzerland.
- Barbour, M.G., Solomeshch, A.I., Holland, R.F., Witham, C.W., Macdonald, R.L., Cilliers, S.S., Molina, J.A., Buck, J.J., and Hillman, J.M. 2005. Vernal pool vegetation of California: communities of long-inundated deep habitats. *Phytocoenologia* 35, 177–200.
- Barry J.P., Celles J.C. & Faurel L., 1976 – Notice de la carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques. Feuille d'Alger au 1 /1. 000 .000. C.R. B. T., Alger : 42 p.
- Bastakoti R. C., Prathapar S. A. & Okwany R. O., 2016. – Community pond rehabilitation to deal with climate variability: A case study in Nepal Terai. 7 : 20-35.
- Beja, P. & R. Alcazar, 2003. Conservation of Mediterranean temporary ponds under agricultural intensification : an evaluation using amphibians. *Biol. Conserv.* 114: 317-326.
- Ben Hassine, J., & Nouira, S. 2012. Répartition géographique et affinités écologiques des amphibiens de Tunisie. *Revue d'Écologie (La Terre et la Vie)*, 67(4), 437-457.
- Benhouhou, S. 2005. Biodiversité et conservation des zones humides en Algérie. Séminaire sur les zones humides méditerranéennes.
- Bensettiti F., Gaudillat V. Et Haury J., Barbier B., Peschadour F. (coord.), 2002. « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 3 - Habitats humides. MATE/MAP/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 457 p. + cédérom.
- Bergmeier, E. & Raus T., 1999. Verbreitung und Einnischung von Arten der IsoëtoNanajuncetea in Griechenland. *Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz* 17: 463- 467.
- Bergmeier, E., 2001. Seasonal pools in the vegetation of Gavdos (Greece) - *in situ* conservation required. *Bocconea* 13: 511-516.
- Biggs, J., Williams, P., Whitfield, M., Nicolet, P., Weatherby, A. 2005. 15 years of pond assessment in Britain: results and lessons learned from the work of Pond Conservation.
- Bliss, S.A., and Zedler, P.H. 1998. The Germination Process in Vernal Pools: Sensitivity to Environmental Conditions and Effects on Community Structure. *Oecologia* 113, 67-73 *Freshwater Ecosystems*, 15(6), 693-714.
- Biggs, J., von Fumetti, S., & Kelly-Quinn, M. 2017. The importance of small waterbodies for biodiversity and ecosystem services: implications for policy makers. *Hydrobiologia*, 793 (1), 3-39. (<https://doi.org/10.1007/s10750-016-3007-0>).

Bibliographie

- Bouahim, S. 2010. Usage et conservation des mares temporaires méditerranéennes : cas des mares temporaires de la région de Benslimane (Maroc occidental). Thèse de doctorat, Université Montpellier 2 et Université Hassan II.
- Bouahim, S., Rhazi, L., Amami, B., Waterkeyn, A., Rhazi, M., Muller, S. D., Brendonck, L., & Grillas, P. 2014. Unravelling the impact of anthropogenic pressure on plant communities in Mediterranean temporary ponds. *Marine and Freshwater Research*, 65 (10), 918–929. (<https://doi.org/10.1071/MF13194>).
- Boulaacheb, N. 2009. Contribution à l'étude des mares temporaires dans la région de Sétif (Algérie). Mémoire de Magister, Université de Sétif.
- Boulaacheb, N., Clément, B., & Gharzouli, R. 2011. Les groupements végétaux des mares temporaires des hauts plateaux sétifiens (Djebel Mégriss, Nord Tellien, Algérie). *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon*, 80(7-8), 149-169.
- Boulaacheb, N., Clément, B., & Gharzouli, R. 2011. Les groupements végétaux des mares temporaires des hauts plateaux sétifiens (Djebel Mégriss, Nord Tellien, Algérie). Partie 2. *Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon*, 80(7-8), 191-208.
- Boulaacheb, N., Gharzouli, R., & Clément, B. 2013. Les paysages végétaux du Djebel Mégriss (Tell septentrional, Algérie). *Physio-Géo, Géographie physique et environnement*, 7, 1-25.
- Boulaacheb N., Amraoui F., Bouguerne Ch., Saouli N., Yaici K., & Gharzouli, R., 2019. Premier aperçu sur l'état de conservation des mares temporaires du Djebel Megriss (Hautes Plaines Sétifiennes, Nord De l'Algérie) Actes du colloque international de Bailleul 2017 « Valeurs et usages des zones humides » - 2019 - Vol. 12.
- Boulaacheb N., Amraoui F., Bouguerne Ch., 2019. État des mares temporaires du Djebel Megriss depuis 2005 jusqu'à 2016 (Hautes plaines sétifiennes, Nord de l'Algérie). Actes du colloque international de Bailleul 2017 « Valeurs et usages des zones humides » - 2019 - Vol. 12.
- Bouldjedri, M., de Bélair, G., Mayache, B. and Muller, S.D., 2011, Menaces et conservation des zones humides d'Afrique du Nord : le cas du site Ramsar de Beni-Belaid (NE algérien). *Comptes Rendus Biologies*, 334(10), 757–772.
- Bouldjedri, M. 2013. Contribution à l'étude écologique d'un hydro-système de la région de Jijel: cas de la zone humide de Beni-Belaid (Algérie). Thèse de Doctorat ès Sciences, Université Badji Mokhtar Annaba, 152 p.

Bibliographie

- Boulekhssaim, M., Meddi, M., Mahe, G. 2016. Impacts des changements climatiques et de l'anthropisation sur les ressources en eau en Algérie du Nord. *Hydrological Sciences Journal*, 61(14), 2529-2543.
- Boulton, A. J. & M. A. Brock, 1999. *Australian Freshwater Ecology, Processes and Management*. Gleneagles Publishing, Australia.
- Boutin, C., L. Lesne & A. Thiery, 1982. Ecologie et typologie de quelques mares temporaires à Isoètes d'une région aride du Maroc occidental. *Ecol. Mediterr.* 8(3): 31-56.
- Boumezbeur, A. 2013. Biodiversité et dynamique des zones humides en Algérie : état des lieux et perspectives de gestion. *Revue des BioRessources*, 3(2), 45-58.
- Bissardon, M. & L. Guibal, 1997. *CORINE biotopes, version originale, Types d'habitats français*. ENGREF Nancy, 217 pages.
- Bliss, S. A. & P. H. Zedler, 1998. The germination process in vernal pools : sensitivity to environmental conditions and effects on community structure. *Oecologia* 113: 67-73.
- Braun-Blanquet J., 1936. Un joyau floristique et phytosociologique, « l'*Isoetion* » méditerranéen. *Bull. Soc. Sci. Nat. Nimes SIGMA* 42: 141–163.
- Brooks RT. 2009. Potential impacts of global climate change on the hydrology and ecology of ephemeral freshwater systems of the forests of the northeastern United States. *Climatic Change* 95: 469-483.
- Brullo, S. & Furnari, F., 1994. The vegetation of Jebel el-Akhdar (northern Cyrenaica). *Bollettino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali*, 27: 197–412.
- Burel, F., 1992. Effect of landscape structure and dynamics on species diversity in hedgerow networks. *Landscape Ecology* 6 161-174.
- Burel, F., Baudry, J., 1999. *Ecologie du paysage. Concepts, méthodes et applications*. Ed. Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 359 p.
- Carey C. & Alexander M. A., 2003. Climate change and amphibian declines: is there a link? 9 : 111-121.
- Ceccato, P., Gobron, N, Flasse, S, Pinty, B. & Tarantola, S. 2002. Designing a spectral index to estimate vegetation water content from remote sensing data: Part 1: Theoretical approach. *Remote sensing of environment* 82, 188-197.
- Céréghino R., Boix D., Cauchie H.-M., Martens K. & Oertli B., 2013. – The ecological role of ponds in a changing world. 723 : 1-6 doi : 10.1007/s10750-013-1719-y.
- Chninigue, J., 1990. Etude floristique des mares temporaires (Dayas) de la province de Benslimane et de leurs potentialités agro-pastorales. Thèse de 3ème cycle, Université Mohammed V, Rabat.

Bibliographie

- Chermat S. & Gharzouli R. 2015 : Ethnobotanical Study of Medicinal Flora in the North East of Algeria - An Empirical Knowledge in Djebel Zdim (Setif). *Journal of Materials Science and Engineering A* 5 (1-2) (2015) 50-59. doi: 10.17265/2161-6213/2015.1-2.007.
- Chevassut, G. & P. Quézel, 1958. L'association à *Damasonium polyspermum* et *Ranunculus batrachoides*. *Bull. Soc. Hist. nat. Afrique du Nord* 49: 204-210.
- Chevassut, G. & Quézel P., 1956. Contribution à l'étude des groupements végétaux des mares temporaires à *Isoetes velata* et de dépressions humides à *Isoetes hystrix* en Afrique du Nord. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 47: 59-73.
- Clivillé, S., A. Montori, G. A. Llorente, X. Santos & M. A. Carretero, 1997. El impacto de los incendios forestales sobre los anfibios. *Quercus* 138: 10-13.
- Cheyland, M., 1995. Les reptiles du paléarctique occidental. Diversité et conservation. PHD, Ecole Pratique des Hautes Etudes, Montpellier, 367 pages.
- Cornelissen T., 2011. – Climate Change and Its Effects on Terrestrial Insects and Herbivory Patterns. *40* (2): 155-163.
- Cosson E., 1879 – le règne végétal en Algérie. Conférence de l'Association Scientifique de France. 75 p.
- Costa, H. M., R. Braz, R. Carvalho, R. Rebelo & E. G. Crespo, 2002. Effects of a wildfire in the amphibian and small mammal communities of cork-oak woodlands on Serra de Grandola in VII Congresso Luso-Espanhol de Herpetologia, 2-5 outubro 2002, Resumos, Evora, p. 108.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Naeem, S., Limburg, K., Paruel, J., O'Neill, R.V., Raskin, R., Sutton, P. & Ven den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253-260.
- Crochet, J. Y., 1998. Le cadre géologique de la Réserve Naturelle de Roque-Haute. *Ecol. Mediterr.* 24(2): 179-183.
- Cuenca-Cambronero, M., Blicharska, M., Perrin, J.-A., Davidson, T. A., Oertli, B., Lago, M., Bartrons, M. 2023. Challenges and opportunities in the use of ponds and pondscapes as Nature-based Solutions. *Hydrobiologia*, 850, 3257–3271.
- Daget P. et David P. 1982 - Essai de comparaison de diverses approches climatiques de la méditerranéité - *Ecologia mediterranea*, VIII (1- 2) : 33- 48.
- Daoudi A., Bammou M., Zarkani S., Slimani I., Ibijbijen J., Nassiri L. 2015. Étude ethnobotanique de la flore médicinale dans la commune rurale d'Aguelmous province de Khénifra (Maroc), *Phytothérapie*, 17 : 1-10.
- Daoud-Bouattour, A., Muller, S. D., Ferchichi-Ben Jamaa, H., Ben Saad-Limam, S., Rhazi, L., Soulié-Märsche, I., ... Gammar, A. M. 2011. Conservation of Mediterranean wetlands:

Bibliographie

- Interest of historical approach. *Comptes Rendus Biologies*, 334 (10), 742–756. (<https://doi.org/10.1016/j.crvi.2011.07.006>).
- Datar., 2013. – L'adaptation aux effets du changement climatique en Haute et Basse-Normandie. DATAR, 225 p.
- De Belair, G. & B. Samraoui, 1994. Mort d'un lac : le Lac Noir dans le nord-est de l'Algérie. *Environmental Conservation*, 21(2) : 169-172.
- De Bélair G., 2005. Dynamique de la végétation de mares temporaires en Afrique du Nord (Numidie orientale, NE Algérie), *Ecol. Mediterr.* 31: 83–100.
- De Foucault B. 1988- Les végétations herbacées basses amphibies: systématique, structuralisme, synsystématique. *Dissertationes Botanicae* 121: 150 p. Berlin, Stuttgart.
- Deil, U., 2005, A review on habitats, plant traits and vegetation of ephemeral wetlands – a global perspective. *Phytocoenologia*, 35, 533–705.
- Destombes, J. & A. Jeannette, 1966. Mémoire explicatif de la carte géologique de la Meseta côtière à l'est de Casablanca au 1/50 000, région de Mohammedia, Bouznika et Benslimane. Notes et mémoires du service des services géologiques du Maroc 180bis.
- Diatta C.D., Gueye M. & Akpo L.E. 2013 : Les plantes médicinales utilisées contre les dermatoses dans la pharmacopée Baïnouk de Djibonker, région de Ziguinchor (Sénégal). *Journal of Applied Biosciences*, 70 : 5599-5607.
- Dijkstra K.-D. B. & Lewington R., 2015. – *Guide des libellules de France et d'Europe*. Delachaux et Niestlé., Paris, 320 p.
- Dobignard, A. and Chatelain, C., 2010–2013, Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord.4. Eds des Conservatoire et jardin botanique de Genève, (C.J.B.G). Available online at: <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/>.
- Downing J. & Duarte C. M., 2009. – Abundance and Size Distribution of Lakes, Ponds and Impoundments. 469-478 doi : 10.1016/B978-012370626-3.00025-9.
- Downing J. A., 2010. – Emerging global role of small lakes and ponds: little things mean a lot. 29 : 9-24 doi : 10.23818/limn.29.02.
- Duarte Lopes, A. 2024. L'utilisation d'animaux dans la cicatrisation: cas de la sangsue (Thèse pour le diplôme d'État de Docteur en Pharmacie). Faculté de Pharmacie, Université de Lille.
- Economidou, E., 1996. Aperçu des habitats dulçaquicoles temporaires de Grèce (étangs, mares, oueds) et de leurs espèces végétales in Actes des 7èmes Rencontres de l'A.R.P.E. Provence-Alpes-Côte d'Azur. Colloque scientifique international Bio'Mes, Digne, pp. 65-68.

Bibliographie

- Elouali, A. 2008. Seconde communication nationale du Maroc sur les changements climatiques/vulnérabilité et adaptation du Maroc: volet climat/Etat de référence Ministère de l'Energie de Mine et de l'Environnement, 65p.
- Emberger L. 1930 - La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux - Rev. Gen. Bot., 42 :. 641 -662 et 705 -721
- Emberger L. 1936 – remarques critiques sur les étages de végétation dans les montagnes marocaines. Bull. Soc. Bot. Suisse Vol. Jub. Inst. Rübel. 46 : 614- 631.
- Emberger L., 1955 - Une classification biogéographique des climats - Rev. Trav. Lab. Bot., Geol., Zool. Fac. Scien. série Bot., 7 : 3 - 43.
- Escoriza, D., & Ben Hassine, J. 2017. Diversity of guilds of amphibian larvae in North Western Africa. PLoS ONE, 12 (1), e0170763. (<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170763>).
- Farzali S., Yaraliyeva S., Huseynov F. et al. 2025. Efficacy of Medicinal Leech Therapy in Diverse Clinical Applications: A Comprehensive Study from Azerbaijan. Turkish Journal of Parasitology, 49(3):120-128.
- Ferchichi-Ben Jamaa, H., Muller, S.D., Ghrabi-Gammar, Z., Rhazi, L., Soulié-Märsche, I., Gammar, A.M., Ouali, M., Ben, Saad-Limam S. and Daoud-Bouattour, A., 2014, Influence du pâturage sur la structure, la composition et la dynamique de la végétation de mares temporaires méditerranéennes (Tunisie septentrionale). Revue d'Écologie (Terre et Vie), 69, 196–213.
- Florin, M., C. Montes & F. Rueda, 1993. Origin, Hydrolic functioning and morphometric characteristics of small, shallow, semiarid lakes (lagunas) in La Mancha, central Spain. Wetlands 13(4): 247-259.
- Forman, R.T.T., Godron, M., 1986. Landscape Ecology. J. Wiley & Sons, New York, 619 p.
- Gaston K. J., 1991. How large is species geographical range Oikos, Vol. 61, 434-438.
- Gharzouli R., 2007. *Flore et végétation de Kabylie des Babors*. Etude floristique et phytosociologique des groupements forestiers et post-forestiers des djebels Takoucht, Adrar Ou-Mellal, Tababort et Babor. Sétif, *Algérie*. Université Ferhat Abbas. Sétif. Faculté des Sciences, département de biologie. 373 p.
- Gauthier, H., 1933. Nouvelles recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord 24: 63-68.
- Gayet, G., Clément, H., Gaucherand, S., Baptist, F., Porteret, J., Caessteker, P., Magand, C., & Vivier, A. 2023. HYDRINDIC : suivre et évaluer l'efficacité des opérations de restauration / création de zones humides avec un indicateur hydrologique. Sciences Eaux & Territoires, 42 (1), 31-34. (<https://doi.org/10.20870/Revue-SET.2023.42.7317>).

Bibliographie

- Gerhardt, F. & Collinge, C. K., 2003. Exotic plant invasions of vernal pools in the central valley of California, USA. *Journal of Biogeography*, 30, p. 1043-1052.
- Gibson J. L., Ivancevich J. M., Donnelly J. R. 2000. *Organizations: Behavior, Structure, Processes*, 10th ed. McGraw-Hill, New York.
- Gilbert P. J., Cooke D. A., Deary M., Taylor S. & Jeffries M. J., 2017. – Quantifying rapid spatial and temporal variations of CO₂ fluxes from small, lowland freshwater ponds. 793 : 83-93 doi : 10.1007/s10750-016-2855-y.
- Giudicelli, J. & A. Thiéry, 1998. La faune des mares temporaires, son originalité et son intérêt pour la biodiversité des eaux continentales méditerranéennes. *Ecol. Mediterr.* 24(2): 135-143.
- Grillas, P., 1992. Les communautés de macrophytes submergées des marais temporaires oligo-halins de Camargue. Etude expérimentale des causes de la distribution des espèces. Thèse de Doctorat, Université de Rennes I.
- Grillas P., Gauthier, P., Yavercovski, N., Perennou, C., 2004. Les mares temporaires Méditerranéennes Volume 1 – Enjeux de conservation, fonctionnement et gestion, 121 p.
- Grillas, P. & G. Battedou, 1998. Effects of flooding date on biomass, species composition and seed production in submerged macrophyte beds in temporary marshes in the Camargue (S. France) in *Wetlands for the future*, A. J. Mccombs and J. A. Davis (eds.). Gleneagles Publishing, Adelaide, Australia, pp. 207-218.
- Grillas, P. 2008. Les zones humides temporaires méditerranéennes et les changements climatiques. *Zones Humides Infos*, N° 59-60: 20-21.
- Géhu J.-M., Kaâbache M., & Gherzouli R., 1993. Phytosociologie et typologie des habitats des rives des lacs de la région d'El-kala (Algerie), *Coll. Phytosociologiques.*, 22 : 297–329.
- Guo, X., Liu, Y., Xie, T., Li, Y., Liu, H., & Wang, Q. 2025. Impact of Ecological Restoration on Carbon Sink Function in Coastal Wetlands: A Review. *Water*, 17(4), 488.
- Hamann, E., Blevins, C., Franks, S. J., Jameel, M. I., & Anderson, J. T. 2021. Climate change alters plant–herbivore interactions. *New Phytologist*, 229(4), 1894–1910.
- Haslam, S. M., 1998. Ponds and pools of Malta : Past and Present in *Ponds and pond landscapes of Europe*, J. Boothby (ed.). Liverpool John Moores University, Maastricht, the Netherlands, pp. 117-124.
- Hassall C., 2015. Odonata as candidate macroecological barometers for global climate change. 34 (3) : 1040-1049.
- Hill, M. J., Sayer, C. D., & Wood, P. J. 2018. When is a pond a pond? A refined typology of standing waters. *Hydrobiologia*, 829, 3–19.

Bibliographie

- Holland, S., 1991. Distribution of dragonflies in Gloucestershire in *See Books*, S. J. Jbds (ed.). Toddington Press, Cheltenham UK, pp. 5- 49.
- Hosseini M., Jadidi A., Derakhshan Barjoei M.M., Salehi M. 2024. Applications of leech therapy in medicine: a systematic review. *Frontiers in Medicine*, 11:1417041.
- Ichen, A. 2020. Contribution à l'inventaire des espèces d'amphibiens vivant dans les mares temporaires des plaines côtières nord-atlantiques du Maroc (suberaies de Maamora et Benslimane). *Bulletin de la Société herpétologique de France* 175, 60-63.
- Ichen, A., Himmi, O. & El Hamoumi, R. 2012. Contribution à la connaissance des oiseaux d'eau des dayas des plaines côtières du Maroc NordAtlantique (Maamora et Benslimane). *Go-South Bull.* 9, 152-154.
- Ishtiaq, M., Arooj, Z.e., Muzamil, M. et al., 2025. Impact of climate change on flowering phenology of indigenous flora in Tehsil Bhimber Azad Jammu and Kashmir Pakistan. *Sci Rep* 15, 37762.
- Ivancevich J.M., Matteson M.T. 2002. *Organisational Behavior and Management*, sixth ed. McGraw-Hill, New York.
- Jakob, C., 2001. *Lebenszyklus einer mediterranen Triturus marmotus population (Urodela)- Auswirkungen von Klima und temporärem Habitat auf Reproduktion, demographische Populations struktur und Migrations verhalten*. PhD, Joh.-Gutenberg Universität, Mainz, 103 pages.
- Jdaidi H. & Hasnaoui B. 2016 : Étude floristique et ethnobotanique des plantes médicinales au nord-ouest de la Tunisie : cas de la communauté d'Ouled Sedra. *Journal of Advanced Research in Science and Technology*, 3(1), 281-291.
- Jean, S., L. De Jong, X. Moreau & A. Thiéry, 2003. HSPs expression in branchiopods (Crustacea): biomarker of stress adaptation and whitness of evolution in 7th Evolutionary Biology meeting, 25-27 juin, Marseille.
- Jensen A. 1985. The effect of cattle and sheep grazing on salt marsh vegetation at Skallingen, Denmark. *Vegetatio* 60 : 37–48.
- Jones, S. F., Arias-Ortiz, A., Baldocchi, D., Eagle, M., Friess, D. A., Gore, C., Noe, G., Nolte, S., Oikawa, P., Paytan, A., Raw, J. L., Roberts, B. J., Rogers, K., Schutte, C., Stagg, C. L., Thorne, K. M., Ward, E. J., Windham-Myers, L., & Yando, E. S. 2024. When and where can coastal wetland restoration increase carbon sequestration as a natural climate solution *Cambridge Prisms: Coastal Futures*, 2, 13.

Bibliographie

- 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.
- Joo S, Jung S, Lee S, CowieRH, Takagi D. 2020. Freshwater snail feeding: lubrication-based particle collection on the water surface. J. R. Soc. Interface 17: 20200139. <http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2020.0139>.
- Kangalawe R.Y.M., & Liwenga E.T. 2005. Livelihoods in the wetlands of Kilombero Valley in Tanzania: Opportunities and challenges to integrated water resource management. *Physics and Chemistry of the Earth* 30 : 968–975.
- Kingsolver J. G., Woods H. A., Buckley L. B., Potter K. A. & Maclean H. J., 2011. – Complex Life Cycles and the Responses of Insects to Climate Change. 51 (5) : 719-732 doi : 10.1093/icb/icr015.
- Kürschner H. & Parolly G., 1999. On the occurrence of *Isoetes histrix* in the Menderes massif of western Turkey, a synecological study and the first record of an Isoëtion community for Turkey. *Bot. Jahrb. Syst.* p.121.
- Labauth J. W., Rosenberry D. O., Mushet D. M., Neff B. P., Nelson R. D. & Jr. N. H. E., 2018. – Longterm changes in pond permanence, size, and salinity in Prairie Pothole Region wetlands: The role of groundwater-pond interaction. 17 : 1-23.
- Lambert, S.J. and Davy, A.J., 2011, Water quality as a threat to aquatic plants: discriminating between the effects of nitrate, phosphate, boron and heavy metals on Characeae. *New Phytologist*, 189, 1051–1059.
- Lamouille-Hébert, M. 2025. Écologie des communautés des mares et étangs alpins dans un contexte de changement climatique. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard – Lyon 1, NNT 2025LYO10036.
- Lancaster, J., & Downes, B. J. 2018. Aquatic versus terrestrial insects: Real or presumed differences in population dynamics. *Insects*, 9 (4), 157.
- Lanfranco, E., 1989. The Flora in Red data book for the maltese Islands, P.J. Schrembri and J. Sultana (eds.). Department of Information, Ministry of Education, Beltisseb, pp. 5-70.
- Lanfranco, S., 1995. Ecological succession in maltese freshwater rockpools. University of Malta, 195 pages.
- Lapie G., 1909 - Les divisions phytogéographiques de l'Algérie. *C. R. Acad. Scien.* 148 (7) : 433 -435.

Bibliographie

- Laribi, M. 2016. Les mares temporaires du nord-est de la Grande Kabylie : Diversité phytocoenotique, floristique et conservation . Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, Algérie), 308 p.
- Lavergne, S., 2003. Les espèces végétales rares ont-elles des caractéristiques écologiques et biologiques propres ? Applications à la conservation de la flore du Languedoc-Roussillon. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Montpellier, 83 pages.
- Le Dantec, C., J. P. Suc, D. Suballyova, J. L. Vernet, S. Fauquette & M. Calleja, 1998. Evolution floristique des abords de la mare de Grammont (Montpellier, Sud de la France) depuis un siècle : disparition d'*Isoetes setacea* Lam. Ecol. Mediterr. 28(2): 159-170.
- Lorenzoni, C. & G. Paradis, 1997. Description phytosociologique d'une mare temporaire à *Elatine brochonii* dans le Sud de la Corse. Bull. Soc. Bot. Centre Ouest N.S. 28: 21-46.
- Lorenzoni, C. & G. Paradis, 2000. Phytosociologie de mares temporaires méditerranéennes: les Tre Padule et la Padule Maggiore (Suartone, commune de Bonifacio, Corse). Coll. Phytosociol. XXVII: 571-587.
- Lorenzoni, C. & G. Paradis, 2000. Phytosociologie de mares temporaires méditerranéennes: les Tre Padule et la Padule Maggiore (Suartone, commune de Bonifacio, Corse). Coll. Phytosociol. XXVII: 571-587.
- Macrae M. L., Brown L. C., Duguay C. R., Parrott J. A. & Petrone R. M., 2014. – Observed and Projected Climate Change in the Churchill Region of the Hudson Bay Lowlands and Implications for Pond Sustainability. 46 : 272-285 doi : 10.1657/1938-4246-46.1.272.
- Machado, M., M. Cristo & L. Cancela Da Fonseca, 1999. Non-cladoceran branchiopod crustaceans from southwest Portugal. I. Occurrence notes. Crustaceana 72(2): 591-602.
- Maire R., 1926 - Carte phytogéographique de l' Algérie et de la Tunisie - Gouv. Gén. Algérie. 1 vol , 78 p, 1 carte h. t . Alger.
- Marco, A., C. Quilchano & A. R. Blaustein, 1999. Sensitivity to nitrate and nitrite in pond-breeding amphibians from the pacific northwest, USA. Environ. Toxicol. Chem. 18(12): 2836-2839.
- Marca E. L., Masters K. L., Merino-Viteri A., Puschendorf R., Ron S. R., Sanchez-Azofeifa G. A., Still C. J. & Young B. E., 2006. – Widespread amphibian declines from epidemic disease driven by global warming. 439 (12) : 161-167.
- MATE (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement). 2013. Stratégie nationale des zones humides en Algérie 2015-2030. Alger: Direction générale de l'environnement.

Bibliographie

- Mathevet, R. 2006. Faut-il en finir avec le développement durable ? Regard sur les zones humides méditerranéennes. Les Ateliers de l'éthique 1, 70-84.
- Medail F., & Quézel P., 1999. Biodiversity hotspots in the Mediterranean basin: Setting global conservation priorities. *Conservation Biol.*, 13(06): 1510-1513.
- Médail, F., H. Michaud, J. Molina, G. Paradis & R. Loisel, 1998. Conservation de la flore et de la végétation des mares temporaires dulçaquicoles et oligotrophes de France Méditerranéenne. *Ecol. Mediterr.* 24(2): 119-134.
- Meddi, M., Talia, A., Assani, A. A. 2010. Impact des changements climatiques sur les ressources en eau dans les régions semi-arides de l'Algérie. *Sécheresse*, 21(3), 187-195.
- Meddour, R. 2012. Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie : exemple des groupements forestiers et préforestiers de la Kabylie djurdjuréenne (Thèse de doctorat). Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou , 397 p.
- Menéndez R., 2007. – How are insects responding to global warming? 150 : 355–365.
- Metge, G., 1986. Etude des écosystèmes hydromorphes (dayas et merjas) de la meseta occidentale marocaine. thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille III, Marseille, 280 pages.
- Metge, G., 1986. Etude des écosystèmes hydromorphes (dayas et merjas) de la meseta occidentale marocaine. thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille III, Marseille, 280 pages.
- Miaud, C., 1990. La dynamique des populations subdivisées: étude comparative chez trois Amphibiens Urodèles (*Triturus alpestris*, *T. helveticus*, et *T. cristatus*). Thèse de doctorat, Claude Bernard-Lyon I, Lyon, 205 pages.
- Miaud, C., 1990. La dynamique des populations subdivisées: étude comparative chez trois Amphibiens Urodèles (*Triturus alpestris*, *T. helveticus*, et *T. cristatus*). Thèse de doctorat, Claude Bernard-Lyon I, Lyon, 205 pages.
- Morgan N.C. 1982. An ecological survey of standing waters in North West Africa: III. Site descriptions for Morocco. *Biological Conservation* 24 : 161–182.
- Moss, B. 2010. Eutrophication and ecological status of lakes: An appraisal of standards, monitoring and restoration in the European Union. *Freshwater Reviews*, 3(2), 105–133.
- Moss, B. 2017. Ponds and Small Lakes: Microorganisms and Freshwater Ecology.
- Mura, G. & A. Thiéry, 1986. Taxonomical significance of scanning electron microscopic morphology of the Euphyllopod's resting eggs from Morocco. Part I. Anostraca. *Vie Milieu* 36(2): 125-131.
- Mura, G. & G. Barsotti, 1985. Reperti inediti di Anostraci (Crustacea, Branchiopoda) dall'arcipelago Toscano (Isola di Capraia). *Quad. Mus. Stor. Nat. Livorno* 6: 47-51.

Bibliographie

- Mura, G. & A. Thiéry, 1986. Taxonomical significance of scanning electron microscopic morphology of the Euphyllopod's resting eggs from Morocco. Part I. Anostraca. *Vie Milieu* 36(2): 125-131.
- Nourisson, M. & P. Aguesse, 1961. Cycle annuel des phyllopoïdes d'une mare temporaire de Camargue. *Bull. Soc. Zool. Fr.* 86: 754-762.
- Oertli, B., D. Auderset-Joye, E. Castella, R. Juge, D. Cambin & B. Lachavanne, 2002. Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity. *Biol. Conserv.* 104: 59-70.
- Oertli B. & Frossard P.-A., 2013. – Mares Et Etangs – Ecologie, Gestion, Aménagement Et Valorisation., 441 P.
- Oliver, G., L. Serve, C. Leboulanger & J. L. Blazi, 1997. Vie et mort des mares temporaires du Roussillon (Pyrénées Orientales, France). La mare d'Opoul, outil pédagogique in *Radioscopie des mares*, A. TeissierEnsminger and B. Sajaloli (eds.). L'harmattan, Paris, pp. 135-151.
- Oulghazi M, El Malki M, Ghouldan A, Naciri M, Ichen A, 2022. Évolution de l'occupation du sol des mares temporaires dans la suberaie de Maâmora et la province de Benslimane (Maroc) / Evolution of the land use of temporary ponds in the Maâmora cork oak forest and the Benslimane Province (Morocco). In: *Ecologia mediterranea*, tome 48 n°2, 2022. pp. 41-51; doi : <https://doi.org/10.3406/ecmed.2022.2153>;
- O'reagan S. M., Palen W. J. & Anderson S. C., 2014. – Climate warming mediates negative impacts of rapid pond drying for three amphibian species. 95 : 845-855.
- Ordiz, A.; Aronsson, M.; Persson, J.; Støen, O.-G.; Swenson, J.E.; Kindberg, J, 2021. Effects of Human Disturbance on Terrestrial Apex Predators. *Diversity* 2021, 13, 68. <https://doi.org/10.3390/d13020068>.
- Paradis, G. & C. Lorenzoni, 1994. Localisation en Corse des principales espèces citées dans l'étude phytosociologique des communautés thérophytiques hygro-nitrophyles estivo-automnales de l'île. *Monde Plant.* 450: 5-8.
- Paradis, G., M. L. Pozzo Di Borgo & C. Lorenzoni, 2002. Contribution à l'étude de la végétation des mares temporaires de la Corse 4. Depression de Padulu (Bonifacio, Corse). *Bull. Soc. Bot. Centre Ouest N.S.* 33:133-184.
- Paradis G. & Pozzo di Borgo M.-L., 2005, "Étude phytosociologique et inventaire floristique de la réserve naturelle des Tre Padule de Suartone (Corse)", *Journal de Botanique de la Société botanique de France*, 30, p. 27-96.
- Paradis, G., Pozzo Di Borgo, M.-L., 2007. Les mares temporaires : un habitat remarquable (Corse) *Stantari* 8, 19-27.

Bibliographie

- Parmesan C., 2006. – Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. 37 : 637–669.
- Pimm S.L., Jones H.L., Diamond J., 1988. On the risk of extinction. *The American Naturalist*, Vol. 132, 757-785.
- Poirion, L. & M. Barbero, 1965. Groupements à *Isoetes velata* A. Braun (*Isoetes variabilis* Le Grand). *Bull. Soc. Bot. Fr.* 112: 436-442.
- Pyke, C.R. 2004. Simulating vernal pool hydrologic regimes for two locations in California, USA. *Ecological modeling* 173 (2-3), 109-127.
- Prudhomme, J., 1988. Pélerinages amers après 40 ans d’herborisation (suite). *Monde Plant.* 429-430: 32-36.
- Quézel P., 1998. La végétation des mares transitoires à *Isoetes* en région méditerranéenne, intérêt patrimonial et conservation, *Ecol. Medit.* 24(2) :111–117.
- Quézel P., 1978 - Analysis of the flora of Mediterranean and Saharan Africa. *Ann. Missouri Bot. Garden.* 65 : 479- 537 .
- Ramsar., 2018. Global Wetland Outlook: State of the World’s Wetlands and their Services to People. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.
- Rance J. & Domingues C., 2018a. – Etude sur la capacité épuratoire des mares et sur le bénéfice d’un réseau de mares pour la qualité de l’eau. *Conservatoire d’espaces naturels Normandie Ouest*, 21 p.
- Ranwell D.S. 1972. *Ecology of salt marshes and sand dunes*, Chapman, Hall, London.
- Ramdani, M. 1986. *Écologie des crustacés (copépodes, cladocères et ostracodes) des dayas marocaines*. Thèse de doctorat, Université Marseille I, Marseille, 217 p. + annexes.
- Rhazi, L., 1990. Sur le traitement de l’information phyto-écologique de quelques dayas temporaires de la province de benslimane “ouest marocain”. Thèse de 3e cycle, Université Mohammed V, Rabat.
- Rhazi, L., 2001. Etude de la végétation des mares temporaires et l’impact des activités humaines sur la richesse et la conservation des espèces rares au Maroc. Thèse de Doctorat, Université Hassan II - Faculté des Sciences Ain Chock - Casablanca, Casablanca, 190 pages.
- Rhazi, L., P. Grillas, A. Mounirou Touré & L. Tan Ham, 2001. Impact of land use in catchment and human activities on water, sediment and vegetation of Mediterranean temporary pools. *C. R. Acad. Sc. Paris Sér. III Sci. Vie* 324: 165-177.
- Rhazi, L., Grillas, P., Tan Ham, L. & El Khyari, D., 2001. The seed bank and the between-years dynamics of the vegetation of a Mediterranean temporary pool (NW Morocco). *Ecologia Mediterranea*, 27(1), p. 69-88.

Bibliographie

- Rhazi, L., M. Rhazi, P. Grillas & El Khyari D., 2006. Richness and structure of plant communities in temporary pools from western Morocco: influence of human activities. *Hydrobiologia* 570: 197–203.
- Rhazi, L., Grillas, P., Saber, E., Rhazi, M., Brendonck, L. and Waterkeyn, A., 2012, Vegetation of Mediterranean temporary pools: a fading jewel? *Hydrobiologia*, 689, 23–36.
- Rosset V., Lehmann A. & Oertli B., 2010. – Temperate ponds will have more species as the climate warms.
- Shannon, C.E., 1984, A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 379–423.
- Sajaloli, B. 2005. Les mares. Inventaire et typologie. Ministère de l'Écologie et du Développement Durable.
- Salhi S., Fadli M., Zidane L., Douira A. 2010 : Études floristique et ethnobotanique des plantes médicinales de la ville de Kénitra (Maroc). *Lazaroa* 31: 133-146.
- Samraoui, B., S. Bouzid, R. Boulahbal & P. S. Corbet, 1998. Postponed reproductive maturation in upland refuges maintains life-cycle continuity during the hot, dry season in Algerian dragonflies (Odonata Anisoptera). *Int. J. Odonat.* 1: 119-135.
- Samraoui, B., & Corbet, P. S. (2000). The Odonata of Namibia. Part II: Seasonal ecology. *International Journal of Odonatology*, 3, 27–39.
- Samraoui, B., & Dumont, H. J. (2002). The large branchiopods (Anostraca, Notostraca, and Spinicaudata) of Numidia (Algeria). *Hydrobiologia*, 486, 119–123.
- Samraoui, B., Chakri, K. & Samraoui, F. 2006. Large branchiopodes (Branchiopoda : Anostraca, Notostraca and Spinicaudata) from the salt lakes of Algeria. *Journal of Limnology* 65: 83-88.
- Serrano, L. & L. Serrano, 1996. Influence of groundwater exploitation for urban water supply on temporary ponds from the Doñana National Park (SW Spain). *J. Environ. Manage.* 46: 229-238.
- Site web de la Base des Données des plantes d'Afrique <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/afrika/recherche.php?langue=fr>.
- Scher, O. & A. Thiéry, 2003. Biodiversité aquatique des bassins autoroutiers en région méditerranéenne. Congrès de l'Association Française de Limnologie, décembre, Metz.
- Scher, O. & A. Thiéry, 2002. Biocénoses et qualité des eaux des mares de bordure d'autoroutes du Sud de la France in 5e Congrès International de Limnologie-Océanographie, 9-12 septembre, Paris.

Bibliographie

- Scoof-Vanpelt M.M. 1973- Littorelletea. A study of the vegetation of source amphiphytic communities of Western Europe. Druk: Stichting Studentenpers Nijmegen. 216 p.
- Smith K.D., 1965. On the birds of Morocco. *Ibis* 107 : 493–526.
- Stebbins G.C. & Major J., 1965. Endemism and Speciation in California Flora. *Ecol. Monogr.*, 35 : 1-35.
- Sternberg M., Gutman M., Perevolotsky A., Ungar E.D., Kigrl J. 2000. Vegetation response to grazing management in a Mediterranean herbaceous community: a functional group approach. *Journal of Applied Ecology* 37 : 224–237.
- Strange E. E. & Ayres M. P., 2010. – Climate Change Impacts: Insects.
- Tessier-Ensminger, A. & B. Sajaloli, 1997. Radioscopie des mares. L'Harmattan, Paris, 288 pages.
- Suhaimi, H., Abdul Rahman, M. I., Ashaari, A., Ikhwanuddin, M., & Wan Rasdi, N. 2024. Adaptation and potential culture of wild Amphipods and Mysids as potential live feed in aquaculture: a review. *PeerJ*, 12, e17092. <https://doi.org/10.7717/peerj.17092>.
- Tibby J., Marcus B.L., Gell P.A. 2008. Local knowledge and environmental management: a cautionary tale from Lake Ainsworth, New South Wales, Australia. *Environmental Conservation* 34 : 334–341.
- Thompson P. L. & Shurin J. B., 2012. – Regional zooplankton biodiversity provides limited buffering of pond ecosystems against climate change. 81 : 251-259 doi : 10.1111/j.1365-2656.2011.01908.x 2011.
- Thiéry, A., 1978. Etude des communautés d'invertébrés aquatiques dans différents biotopes des marais du Plan du Bourg (Bouches-duRhône, France). Thèse 3e Cycle, Université d'Aix-Marseille 3, 171 pages.
- Thiéry, A., 1979. Influence de l'assèchement estival sur le peuplement d'insectes aquatiques d'un marais saumâtre temporaire en Crau (Bouches-du-Rhône). *Annls. Limnol.* 15(2): 181-191.
- Thiéry, A., 1987. Les crustacés branchiopodes Anostraca, Nodostroaca et Concostracha des milieux limniques temporaires (Dayas) au Maroc. Taxonomie, biogéographie, écologie. Thèse de Doctorat ès Science, Université d'Aix Marseille 3, Marseille, 405 pages.
- Thiéry, A., J. Brtek & C. Gasc, 1995. Cyst morphology of European branchiopods (Crustacea: Anostraca, Nodostroaca, Spinicaudata, Laevicaudata). *Bull. Mus. Natl. Hist. Nat. Sect. A, Zool. Biol. Ecol. Ani.* 17 (1-2): 107-140.
- Troia, A. 2014. The *Isoëtes longissima* complex (Isoetaceae) in Italy. *Phytotaxa*, 174 (3), 151–161.

Bibliographie

- Turner, M.G., 1989. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics* 20 : 171–197.
- UICN., 2018. – Les Solutions fondées sur la Nature pour lutter contre les changements climatiques et réduire les risques naturels en France. UICN, 46 p.
- Veith, M., C. Mayer, B. Samraoui, D. D. Barroso & S. Bogaerts, 2004. From Europe to Africa and back: evidence for multiple intercontinental dispersal in ribbed salamanders (genus *Pleurodeles*). *J. Biogeogr.* 31: 159-171.
- Vela, E. V., Tison, J.-M., & Pinto Cruz, C. 2017. *Dactylorhiza elata*, Stately Marsh-Orchid. IUCN Red List.
- Walters B.B. 2004. Local management of mangrove forests in the Philippines: Successful conservation or efficient resource extraction ? *Human Ecology* 32 : 177–195.
- Watt, P. J. & P. Jarvis, 1997. Survival analysis in palmate newts exposed to ammonium nitrate agricultural fertilizer. *Ecotoxicology* 6: 355-362.
- Williams, P., Biggs, J., Crowe, A., Murphy, J., Nicolet, P., Weatherby, A. 2008. Countryside Survey: Ponds Report from 2007. UK Centre for Ecology & Hydrology.
- Williamson C. E., Saros J. E., Vincent W. F. & Smold J. P., 2009. – Lakes and reservoirs as sentinels, integrators, and regulators of climate change. *54* : 2273-2282.
- Woodward G., Perkins D. M. & Brown L. E., 2010. Climate change and freshwater ecosystems: impacts across multiple levels of organization. *365* : 2093-2106 doi : 10.1098/rstb.2010.0055.
- Yahi N., Vela E., Benhouhou S., De Bélair G., & Gharzouli R., 2012. Identifying Important Plants Areas (Key Biodiversity Areas for Plants) in northern Algeria. *Journal of Threatned Taxa*, vol.4, (8) : 2753-2765.
- Zacharias, I., & Zamparas, M. 2010. Mediterranean temporary ponds: A disappearing ecosystem. *Biodiversity and Conservation*, 19 (14), 3827–3834.
- Zivec, P., Sheldon, F., & Capon, S. J. (2023). Natural regeneration of wetlands under climate change. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 989214.

ANNEXES

Annexe 1: Fiche descriptive de la mare.

Mare :

Date :

Lieu :

Exposition :

Altitude : m. **Superficie :** m². **Profondeur :**

Etat :

Nature :

Origine :

Propriétaire :

Utilisation :

Observations :

Annexe 2: Fiches enquêtes

Partie I : Mare temporaire

FicheN° :

Commune :

Date :/...../...

1-Caractéristiques socioéconomiques :

-Identification des personnes enquêtées:

1. Age :

2. Sexe : Féminin

Masculin :

3. Niveau d'étude : Primaire

Secondaire

Universitaire

Analphabète

2-Informations sur les mares

1. Est ce que vous êtes propriétaire de terres ?

Oui

Non

2. Si oui: Est-ce que vous avez des mares à l'intérieure de votre propriété ?

Oui

Non

3. Si oui, Combien ?

4. Que représente cette mare pour vous ?

5. A qui appartient le titre foncier de la propriété ? Privé

Etatique

6. Pouvez-vous déterminer le régime hydrologique de la mare ?

Permanente

Temporaire

7. Alimentation de la mare se fait par : Source

Précipitation /Ruissellement

Nappe

phréatique

Autres

8. Pouvez-vous estimer la surface de la mare?

9. Pouvez-vous estimer la profondeur de la mare ?

3- Usages de la mare

1. Utilisez –vous l'eau de la mare ? Oui

Non

2. Usage de l'eau

Irrigation

Abreuvement du bétail

drainage

Autres

4- Agriculture dans la mare

1. Utilisez-vous la surface de la mare pour l'agriculture ?

Oui

Non

2. Quels types de culture ?

3. Est-ce que vous faite un traitement des cultures ? Oui Non

4. Quels type de traitement utilisez-vous pour la culture (fertilisants/pesticides)?

5. Pâturage dans la mare

1. Utilisez-vous les mares pour le pâturage ? Non

Oui

2. Combien de fois par jour ?

3. Que pensez-vous de la charge du cheptel dans les mares ?

Forte

Moyenne

Faible

6. Que pensez-vous de l'état des parcours à l'intérieur des mares :

Dégradé

Peu dégradé

Non dégradé

7. Si c'est dégradé, pouvez-vous décrire ce qu'est une mare dégradée pour vous ?

Mares à menaces faibles

mares à menaces moyenne

mares à menaces fortes

8. Quelles sont les causes d'après vous ?

Activités agricoles

pâturage

drainage

comblement par déchets

Activités

touristiques et loisir

9. Cuillette des plantes médicinales

1. Connaissez-vous quelques plantes médicinales au niveau de vos mares ? Oui

Non

2. Si oui, lesquelles :

- **Parties utilisées:** Feuilles Racines Fleurs Graines Fruits Toute la plante
- **Mode de préparation:** Infusion Décoction Macération Autres
- **Mode d'utilisation:** Voie orale Voie externe
- **Maladies traitées :**

Annexe 3:

Partie II: Acteurs locaux

Fiche N° :

Circonscription:

Date :/...../.....

1. Est ce que vous avez rencontré des mares au niveau de votre secteur de travail ?

Oui

Non

2. Si oui, lesquels ?

3. Pensez-vous qu'il est important de protéger les mares du Sétifois?

a. Non :Pourquoi ? :.....

b. Oui :Pourquoi ? :.....

4. Y'a-t-il une loi qui permet de protéger les mares ?

Oui

Non

-Si non : Etes -vous pour l'élaboration d'une telle loi ?

-Si oui :

5. Quelle est l'activité(s) qui menace les mares ?

Le pâturage la chasse la culture

6. Est-ce que les mares sont prises dans votre programme de gestion ?

Oui

Non

7. Si oui, pouvez-vous citer quelques moyens de gestion?

Annexe 4:

Tableau 2 : Listes des espèces recensées

Famille	Espèce	Type biologique	Chorologie
Apiacées	<i>Oenanthe fistulosa</i> L.	Hémicryptophyte	Euras
	<i>Oenanthe globulosa</i> L.	Hémicryptophyte	Eur. Méd.
	<i>Oenanthe virgata</i> Poir	Géophyte	End NA
	<i>Eryngium pusillum</i> L.	Hémicryptophyte	Eur. Méd.
	<i>Eryngium campestre</i> L.	Hémicryptophyte	
	<i>Selinopsis foetida</i> coss. & Durieu ex Batt	Hémicryptophyte	End
	<i>Apium graveolens</i> L.	Hémicryptophyte	N. Trop.
	<i>Scandix pecten-Veneris</i> L.	Thérophyte	Eur. Méd
	<i>Daucus Carota</i> L.	Géophyte	Méd.
	<i>Ammoides Pussila</i> (Brot) Briestr	Thérophyte	Méd.
	<i>Thapsia garganica</i> L.	Hémicryptophyte	Méd.
Astéracées	<i>Helosciadium nodiflorum</i> L.	Hémicryptophyte	Euras.
	<i>Calendula arvensis</i> (vaill.) L.	Thérophyte	Sub- méd.
	<i>Leontodon tuberosus</i> L.	Hémicryptophyte	Méd
	<i>Hyoseris radiata</i> L.	Hémicryptophyte	Eur. - Méd
	<i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter	Hémicryptophyte	Circumméd.
	<i>Reichardia picroides</i> (L.) Roth	Hémicryptophyte	Méd.
	<i>Chrysanthemum myconis</i> L.	Thérophyte	Méd.
	<i>Helmenthia echioides</i> (L) Gaertn	Hémicryptophyte	Eur méd.
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	Thérophyte	Méd.
	<i>Centaurea parviflora</i> Desf.	Hémicryptophyte	End Alg. Tun.
	<i>Jacobaea gigantea</i> (Desf.) Pelsner	Thérophyte	End N.A
Alismatacées	<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	Hémicryptophyte	Circumbor
	<i>Ornithogalum umbellatum</i> L.	Géophyte	Atl. Méd.
Brassicacées	<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.	Hémicryptophyte	Cosm.
	<i>Cardamine parviflora</i> L.	Thérophyte	Circumbor.
	<i>Sinapis arvensis</i> L.	Thérophyte	Paléo-Temp.
	<i>Capsella bursa-pastoris</i> L.	Thérophyte	Méd.
Boraginacées	<i>Myostis arvensis</i> (L.) Hill	Thérophyte	Circumbor
Butomacées	<i>Butomus umbellatus</i> L.	Géophyte	Euras
Cypéracées	<i>Carex distans</i> L.	Hémicryptophyte	Paléo-temp.
	<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. & Schult.	Géophyte	Subcosm.
	<i>Carex leporina</i> L.	Hémicryptophyte	Circumbor.
	<i>Isolepis setacea</i> (L.) R.Br	Thérophyte	Paléo-temp.subtrop.
	<i>Carex divisa</i> Huds.	Hémicryptophyte	Atl.-Méd.
	<i>Carex acutiformis</i> Ehrh	Hémicryptophyte	Euras.
	<i>Carex pendula</i> Hudson.	Hémicryptophyte	Euras
	<i>Bolboschoenus maritimus</i> L.	Géophyte	Cosm.
	<i>Scripoides Holoschoenus</i> (L.) Soják	Hémicryptophyte	Paléo-temp
Caryophyllacées	<i>Polycarpon tetraphyllum</i> (L.) L.	Hémicryptophyte	A. N.-Sicile
	<i>Cerastium atlanticum</i> Dur.	Thérophyte	End-N.A.
	<i>Silene gallica</i> L.	Thérophyte	Paléo-Temp.
	<i>Silene laeta</i> (Ait) A.B.	Thérophyte	W. Méd.
Callitrichacées	<i>Callitriche Stagnalis</i> Scop.	Thérophyte	Euras
	<i>Callitriche obtusangula</i> Le Gall	Hémicryptophyte	Eur.
	<i>Callitriche palustris</i> L.	Hémicryptophyte	Méd
	<i>Callitriche hamulata</i> Kütz.	Hémicryptophyte	W. Eur.
	<i>Callitriche brutia</i> Petagna	Hémicryptophyte	Méd
Campanulacées	<i>Solenopsis laurentia</i> (L.) C.Presl	Thérophyte	Méd.
Crassulacées	<i>Sedum caeruleum</i> L.	Thérophyte	Cent.Méd
Dipsacacées	<i>Scabiosa Columbaria</i> L.	Hémicryptophyte	Eur. As.
Elatinacées	<i>Elatine alsinastrum</i> L.	Hémicryptophyte	Euras
Équisétacées	<i>Equisetum maximum</i> Lamk	Géophyte	Circumbor. Temp.

Fabacées	<i>Lotus corniculatus</i> L.	Hémicryptophyte	Eur-Asie
	<i>Trifolium tomentosum</i> L.	Thérophyte	Méd
	<i>Trifolium hybridum</i> L.	Hémicryptophyte	Europ
	<i>Vicia sativa</i> L.	Thérophyte	Eur-Méd.
	<i>Trifolium fragiferum</i> L.	Hémicryptophyte	Euras-Méd
	<i>Trifolium retusum</i> L.	Thérophyte	Eur.
	<i>Trifolium strictum</i> L.	Thérophyte	Méd-Atl
	<i>Lathyrus pratensis</i> L.	Hémicryptophyte	Méd.-Euras.
	<i>Trifolium pratense</i> L.	Hémicryptophyte	Euras
	<i>Trifolium repens</i> L.	Hémicryptophyte	Circumbor.
	<i>Melilotus sicula</i> (Turra) Jackson	Thérophyte	Méd.
Gentianacées	<i>Centaurium pulchellum</i> (SW.) Druce	Thérophyte	Paléotemp.
Isoetacées	<i>Isoetes longissima</i> Bory & Durieu	Géophyte	Méd.
Juncacées	<i>Juncus effusus</i> L.	Géophyte	Paléo-bor.
	<i>Juncus bufonius</i> L.	Thérophyte	Cosm.
	<i>Juncus articulatus</i> L.	Hémicryptophyte	Circumboréal
	<i>Juncus compressus</i> Jacq.	Géophyte	Euras
	<i>Juncus heterophyllum</i> Dufour	Hémicryptophyte	Atl-Méd.
	<i>Juncus bulbosus</i> L.	Hémicryptophyte	Europ.
	<i>Juncus conglomeratus</i> L.	Géophyte	Paléo-bor.
	<i>Juncus acutus</i> L.	Hémicryptophyte	Subcosm.
	<i>Juncus maritimus</i> Lamk.	Hémicryptophyte	Subcosm.
	<i>Juncus inflexus</i> L.	Géophyte	Paléo-temp.
Lamiacées	<i>Juncus tenageia</i> L.f.	Thérophyte	Atl-Méd.
	<i>Mentha rotundifolia</i> L.	Hémicryptophyte	Atl- Méd.
	<i>Mentha pulegium</i> L.	Hémicryptophyte	Euras.
	<i>Bellardia latifolia</i> (L.)Cuatrec	Thérophyte	Méd.
	<i>Mentha aquatica</i> L.	Géophytes	Paléo-temp.
	<i>Salvia verbenaca</i> (L.) Briq.	Hémicryptophyte	Méd. Atl.
	<i>Ocimum basilicum</i> L.	Thérophyte	Subtrop
Linacées	<i>Linum strictum</i> L.	Thérophyte	Méd.
Lemnacées	<i>Lemna minor</i> L.	Thérophyte	Subcosm
Onagracées	<i>Epilobium parviflorum</i> Schreb.	Hémicryptophyte	End
	<i>Epilobium tetragonum</i> L.	Hémicryptophyte	Méd
Orchidacées	<i>Dactylorhiza maculata</i> (L.) Soó	Géophyte	Euras.
	<i>Dactylorhiza elata</i> (Poir.) Soó	Géophyte	Méd.
Poaceés	<i>Bromus hordaceus</i> L.	Thérophyte	Paléotemp.
	<i>Poa trivialis</i> L.	Hémicryptophyte	Atl. Sah. Macar.Euras
	<i>Poa annua</i> L.	Thérophyte	Cosm
	<i>Alopecurus pratensis</i> L.	Hémicryptophyte	Méd.-Atl.
	<i>Alopecurus bulbosus</i> Gouam	Hémicryptophyte	Méd-Atl
	<i>Phalaris paradoxa</i> L.	Thérophyte	Méd.
	<i>Phalaris coerulescens</i> Desf.	Géophyte	Macar.Méd
	<i>Cynosurus polybracteatus</i> Poirét.	Thérophyte	End Algéro-Tun.
	<i>Lolium perenne</i> L.	Hémicryptophyte	Circumbor.
	<i>Lolium rigidum</i> Gaud.	Thérophyte	Paléo-subtrop.
	<i>Polypogon monspeliensis</i> (L.) Desf.	Thérophyte	Paléo-subtrop.
	<i>Rostraria cristata</i> (L.)Tzvelv	Thérophyte	Sub-cosm.
	<i>Bromus lanceolatus</i> Roth	Thérophyte	Paléotemp.
	<i>Anisantha rubens</i> L.	Thérophyte	Paléo-subtrop.
	<i>Festuca arundinacea</i> (Sch.) Hack	Géophyte	Circumbor
	<i>Phleum pratense</i> L.	Hémicryptophyte	Circumbor
	<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R.BR	Hémicryptophyte	Subcosm
	<i>Briza minor</i> L.	Thérophyte	subcosm
	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Géophyte	Cosm
Plantaginacées	<i>Plantago major</i> L.	Hémicryptophyte	Euras.
	<i>Plantago lagopus</i> L.	Thérophyte	Méd.
	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Hémicryptophyte	Euras.
	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	Hémicryptophyte	Circumbo
Polygonacées	<i>Rumex pulcher</i> L.	Hémicryptophyte	Méd
	<i>Rumex crispus</i> L.	Hémicryptophyte	Cosm
	<i>Rumex conglomeratus</i> Murray	Hémicryptophyte	Cosm

Primulacées	<i>Lysmachia arvensis</i> (L.)U Manns & Anderb	<i>Thérophyte</i>	<i>Sub. cosmop</i>
Renonculacées	<i>Ranunculus arvensis</i> L.	<i>Thérophyte</i>	<i>Paléo-temp.</i>
	<i>Ranunculus macrophyllus</i> Desf	<i>Hémicryptophyte</i>	<i>W. Méd.</i>
	<i>Adonis aestivalis</i> L.	<i>Thérophyte</i>	<i>Euras.</i>
	<i>Ranunculus flammula</i> L.	<i>Hémicryptophyte</i>	<i>Euras</i>
	<i>Ranunculus trichophyllus</i> Chaix	<i>Hémicryptophyte</i>	<i>Circumbor.</i>
	<i>Ranunculus ophioglossifolius</i> Vill	<i>Thérophyte</i>	<i>Méd.</i>
	<i>Ranunculus aquatilis</i> L.	<i>Hémicryptophyte</i>	<i>Cosm</i>
	<i>Delphinium mauritanicum</i> Coss.	<i>Thérophyte</i>	<i>End. N.A.</i>
	<i>Ranunculus muricatus</i> L.	<i>Thérophyte</i>	<i>Méd</i>
	<i>Ranunculus lateriflorus</i> DC	<i>Thérophyte</i>	<i>Euras</i>
	<i>Anthericum liliago</i> L.	<i>Hémicryptophyte</i>	<i>Atl-Méd</i>
	<i>Ranunculus scleratus</i> L.	<i>Thérophyte</i>	<i>Paléotemp</i>
	<i>Ranunculus hederaceus</i> L.	<i>Hémicryptophyte</i>	<i>Méd-Atl</i>
Rubiacées	<i>Sherardia arvensis</i> L.	<i>Thérophyte</i>	<i>Euras.</i>
	<i>Galium palustre</i> L.	<i>Hémicryptophyte</i>	<i>Euras.</i>
Résédacées	<i>Reseda alba</i> L.	<i>Hémicryptophyte</i>	<i>Euras.</i>
Rosacées	<i>Potentilla reptans</i> L.	<i>Hémicryptophyte</i>	<i>Euras.</i>
Scrofulariacées	<i>Scrofularia auriculata</i> L.	<i>Hémicryptophyte</i>	<i>Eur-Méd</i>
	<i>Scrophularia tenuipes</i> Coss. et Dur.	<i>Hémicryptophyte</i>	<i>End</i>
Typhacées	<i>Typha angustifolia</i> L.	<i>Géophyte</i>	<i>Sub-circumb.</i>
	<i>Sparganium erectum</i> L.	<i>Géophytes</i>	<i>Euras.</i>
Verbenacées	<i>Verbena officinalis</i> L.	<i>Hémicryptophyte</i>	<i>Paléo-temp.</i>

Annexe 5 : Les plantes médicinales

Espèces	Indications thérapeutiques	Parties utilisées	Préparations
<i>Apium graveolens</i> L.	Hypertension artérielle, calculs rénaux et biliaires, rhumatisme.	Feuilles, graines	Infusion, décoction, comme légumes en cuisine (cru ou cuit), jus.
<i>Asphodelus ramosus</i> L.	Les otites, rhumatismes, traitement des infections de la peau	Tubercules	Tubercule écrasé macéré dans l'huile d'olive, application du tubercule écrasé en cataplasme en application locale, pommade préparée artisanalement
<i>Mentha pulegium</i> L.	La grippe, les maux d'estomac, anti-vomitif	Feuilles	Décoction, infusion
<i>Ocimum basilicum</i> L.	Antispasmodique, stomachique et antiseptique, soulage maux de tête et migraine	Feuilles	Décoction, infusion
<i>Thapsia Garganica</i> L.	Rhumatismes	Bulbes	Décoction aqueuse, Macération huileuse d'écorce de racine en application locale
<i>Daucus carota</i> L.	Dépuratif	Racines et graines	Infusion
<i>Calendula arvensis</i> L.	Antiseptique, anti-inflammatoire et cicatrisant	Feuilles	Infusion
<i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter	Traitement des rhumatismes, des bronchites, des maladies du système urinaire	Feuilles	Infusion
<i>Sinapis arvensis</i> L.	Traitement des abcès	Feuilles	Cataplasme
<i>Trifolium pratense</i> L.	Antidiarrhéique	Feuilles	Infusion
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	Antirhumatismal	Rhizomes	Décoction
<i>Calicotome spinosa</i> (L.)Link	Douleurs au ventre, aux yeux traitement	Feuilles- fleurs	Décoction

<i>Lysimachia arvensis</i> (L.) U. Manns & Anderb.	Soins capillaires, soins du visage, diurétique	Graines et fleurs	Décoction
<i>Rumex pulcher</i> L.	Frotter une feuille de Rumex sur une peau piquée par les orties	fleurs	Macération
<i>Astragalus armatus</i> Willd.	Leishmaniose, Helminthiase	Racines, graines	Macération
<i>Verbena officinalis</i> L.	Affections respiratoires, anti inflammatoires,	Feuilles	Infusion
<i>Helminthia echinoides</i> L.	Le traitement contre les vers helminthes. les problèmes gastriques	Feuilles	Infusion
<i>Plantago major</i> L.	Problèmes respiratoires, problèmes gastro-intestinaux et les inflammations.	Feuilles	Infusion

Annexe 6:

Floristic Diversity Of Temporary Ponds In The Setif Region (Northeastern Algeria)

Yassmina SLIMANI¹, Nacira BOULAACHEB²

¹Ferhat Abbas University of Setif, Algeria, Faculty of Natural and Life Sciences, Department of Ecology and Environment, Urban Project City and Territory Laboratory (PUVT), yasminesslimani898@yahoo.com

²Ferhat Abbas University of Setif, Algeria, Faculty of Medicine, Department of Pharmacy, Urban Project City and Territory Laboratory (PUVT), boulaacheb1bv@yahoo.fr

Received: 02/05/2025

Accepted: 04/07/2025

Published: 01/08/2025

Abstract

The Setif region, known as the High Setifian Plains, is located in the Tell Atlas in northern Algeria. The climate is characterized by cold and temperate winters and hot dry summers; the north is wetter than the south. Administratively, the Setif region consists of 20 districts (daïras) and 60 municipalities. It is distinguished by its richness and diversity of wetlands, among which are ponds.

Following surveys conducted among local populations regarding the presence or absence of ponds, 14 municipalities located in the north were visited between 2017 and 2019. We recorded 102 ponds that were subject to a floristic inventory over two hydrological cycles (spring and summer). The flora consists of 139 species and 87 genera belonging to 35 botanical families, with a dominance of the Poaceae family (19 species). These species are either submerged in wetlands or associated with terrestrial environments. The overall biological spectrum composition shows a dominance of hemicryptophytes, with 70 species (50%). The majority of the recorded species belong to the northern phytochorion group (37%). Ten species are endemic.

The majority of the surveyed ponds are privately owned, and despite their richness, these ponds are subjected to increasing anthropogenic pressures, leading to their transformation or complete disappearance. They are often drained due to drainage or grazing, filled with debris, cultivated, or urbanized. As a result, they are threatened by climate change, particularly drought. In Algeria, as in the rest of the Maghreb, no temporary pond is currently protected. The preservation of this significant and threatened biodiversity requires the urgent implementation of protection measures and the creation of legislative texts to safeguard these habitats.

Keywords: temporary pond, Setif region, floristic inventory, human impact, conservation.

1. INTRODUCTION

Ponds are unique environments, neither truly aquatic nor completely terrestrial, where the alternation of dry and flooded phases promotes the establishment of original and diverse plant and animal communities. These ponds occupy more or less closed depressions of varying surface area and depth (Grillas et al., 2004).

They are characterized by highly autonomous hydrological functioning (Bensettiti et al., 2002). These are unique environments found in the five regions with a Mediterranean climate (Grillas et al., 2004): Southern Europe, North Africa, South Africa, North America (California), South America (Chile), and Australia (Bliss & Zedler, 1998; Pyke et al., 2004; Barbour et al., 2005). Considered among the most ecologically valuable habitats in the Mediterranean region, they host plant species that are often rare and threatened, with high heritage value (Medail et al., 1998; Quezel, 1998; Paradis, 2007). By harboring high biological richness, they make a significant contribution to regional biodiversity (Rhazi et al., 2012) and are considered biodiversity hotspots (Medail & Quezel, 1999).

Algeria is home to a wide variety of wetlands, including ponds. These ponds are mainly concentrated in the northern part of the country, particularly in the eastern region. Recent scientific research in terms of flora has mostly focused on large ecosystems such as wadis, lakes, or sebkhas, while very few studies have investigated pond flora. Among the notable works are: Joleaud (1936); Gauthier-Lievre (1937); Chevassut

& Quezel (1956, 1958); Lefranc (1865); Feldman (1946); Morgan (1982); Stevenson et al. (1989); Gehu et al. (1992, 1994); Kaabeche et al. (1994); de Belair (2005); Boulaacheb et al. (2007); Boulaacheb (2009); Boulaacheb et al. (2011); Boulaacheb et al. (2013); Laribi (2016); Allem (2017).

In the Sétif region, only the flora of the temporary ponds of Djebel Megriss, located in the municipalities of Amoucha and Ouricia, has been studied by Boulaacheb et al. (2007); Boulaacheb (2009); Boulaacheb et al. (2011); Boulaacheb et al. (2013). Our study contributes to the knowledge of the flora of ponds in the Setif region. Its main objective is to inventory, assess, and map these ponds for better management and conservation.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 study site

The Wilaya of Setif covers an area of 6,504 km², representing 0.27% of the national territory. It is located in the Northeast of Algeria. It is bordered to the west by the Wilaya of Bordj Bou Arreridj, to the east by Mila, to the north by Bejaia and Jijel, and to the south by M'sila and Batna (ANIREF, 2014). The Wilaya is made up of 60 municipalities (departments) and 20 districts (Daïras) (Figure 1).

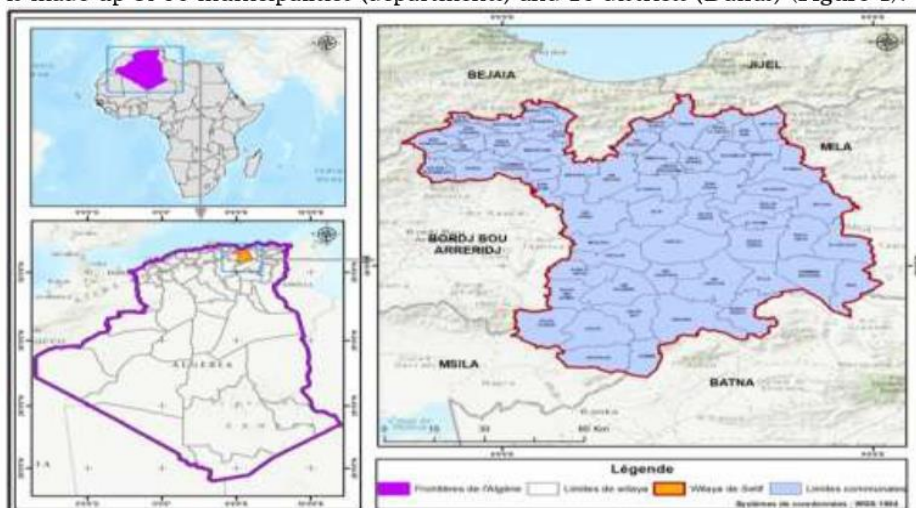


Figure 1: Location and administrative boundaries of Setif region (Slimani Y., 2024).

2.2 Methodology

The choice of the study area is mainly due to its topographical heterogeneity, climatic characteristics with the north being wetter than the south and the scarcity of previous studies. The method adopted for this work was carried out in two phases: first, to identify the existence and location of these ponds by consulting the local population; the second phase involved studying their floristic diversity by belts.

2.2.1 Inventory of ponds

Based on the information obtained, we were able to select the municipalities to survey. A descriptive form was created including flora, condition, altitude, area, geographic coordinates, depth, origin, ownership, use, and threats.

2.2.2 Floristic study

The ponds in the study area were monitored seasonally: vegetation was studied over two periods (spring and summer) and across three hydrological cycles from 2017 to 2019. The floristic inventory was conducted by zones. Sometimes, access to the center of certain ponds was difficult or even impossible due to depths exceeding 1 meter.

Species were identified according to the flora of Quezel and Santa (1962-1963); the updated nomenclature for the inventoried species was based on recent works compiled in the synonymic and bibliographic index of the flora of North Africa (Dobignard and Chatelain, 2010-2013) and the African Plant Database website (<http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/recherche.php?langue=fr>).

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Pond inventory

3.1.1 Typology of ponds in the Setif region

We have identified 102 temporary ponds, classified into three categories based on their surface areas (Table 1).

Table 1: Pond Categories According to Their Surface Area

Categories	Surface Areas (m ²)
Large ponds	1000-8000
Medium ponds	400-900
Small ponds	20-400

- **Large ponds**

We recorded 12 large ponds, characterized by varying ecological parameters (location, surface area, depth) but sharing similarities such as remaining nearly wet throughout the year, depending on rainfall fluctuations. These ponds range in size from 1,000 to 8,000 m², with depths sometimes reaching up to 2 meters. Among these large ponds are: Oum Lamoudjene Pond, located in the northwest, and Zaatria Pond, located in the northeast of the Ain Abbasa municipality; Dar El Hamra Pond in the eastern part of the Djemila municipality; and Ghedir El-Mrabta Pond in the northeast of the Beni-Aziz municipality (Figure 2).

The vascular flora is mainly distributed from the center toward the periphery: *Mentha aquatica* L., *Carex divisa* Huds., *Carex acutiformis* Ehrh., *Juncus conglomeratus* L., *Juncus acutus* L., *Glyceria fluitans* (L.) R.Br., *Alopecurus bulbosus* Gouam., *Ranunculus aquatilis* L., *Alisma plantago-aquatica* L., *Typha angustifolia* L., *Lemna minor* L., *Lathyrus pratensis* L., *Omithogalum umbellatum* L., *Rumex pulcher* L., *Galium palustre* L., *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult., *Ranunculus macrophyllus* Desf., *Capsella bursa-pastoris* L., *Cardamine parviflora* L., *Nasturtium officinale* R. Br., *Cerastium atlanticum* Dur. During the summer period, the water level decreases and the center of the pond become filled with:

Rumex conglomeratus L., *Mentha pulegium* L., *Juncus effusus* L., the case of the Oum Lamouadjene pond, visited on 02/08/2018. The non-vascular flora consists of algae such as *Spirogyra* sp., *Zygnema* sp., and *Chara* sp. These ponds are characterized by a high faunal diversity, including turtles, leeches, frogs, dragonflies, butterflies, grasshoppers, bees, and ducks.



Figure 2: Belt and center of the Dar El-Hamra pond (Djemila Municipality) (Slimani Y., 2018).

- **Medium ponds**

These are the most abundant, with variable sizes (400–900 m²), and appear to be shallow, ranging from 15 centimeters to one meter in depth. They remain filled with water for 5 to 7 months. They host: *Jacobaea gigantea* (Desf.) Pels., *Juncus inflexus* L., *Oenanthe globulosa* L., *Rumex conglomeratus* Murray, *Galium palustre* L., *Alisma plantago-aquatica* L., *Eleocharis palustris* (L.) Roem. & Schult., *Callitriche hamulata* Kütz., *Ranunculus ophioglossifolius* Vill, *Callitriche obtusangula* Le Gall, *Sparganium erectum* L., *Carex divisa* Huds.,

Mentha aquatica L., *Ranunculus lateriflorus* DC., *Ranunculus aquatilis* L., *Ranunculus trichophyllus* Chaix., *Nasturtium officinale* R. Br., *Juncus heterophyllus* Desf., *Alopecurus bulbosus* Gouan., *Plantago major* L.

Once the ponds dry up, other plants appear, *Apium graveolens* L., et *Epilobium parviflorum* Schreb., *Isolepis setacea* (L.) R.Br., *Trifolium pratense* L., *Mentha pulegium* L., *Cynodon dactylon* (L.) Pers.

• Small ponds

The study area contains many small ponds of varying surface areas (20–400 m²) and depths ranging from 10 to 20 cm. From a floristic perspective, the presence of the following is noted: *Juncus maritimus* Lamk., *Juncus inflexus* L., *Equisetum maximum* Lamk., *Apium graveolens* L., *Bolboschoenus maritimus* L., *Mentha rotundifolia* L., *Cynosurus polybracteatus* Poir., *Bromus hordaceus* L., *Solenopsis laurentia* (L.) C.Presl, *Callitriche palustris* L., *Eryngium pusillum* L., *Alopecurus pratensis* L., *Trifolium pratense* L., *Trifolium repens* L., *Polycarpon tetraphyllum* (L.) L., *Plantago lagopus* L., *Dactylorhiza maculata* (L.) Soó, *Dactylorhiza elata* (Poir.) Soó. Most of these ponds dry up in summer, where aquatic vegetation is replaced by transitional vegetation such as: *Polypogon monspeliensis* (L.) Desf. *Verbena officinalis* L., *Ammoides pusilla* (Brot) Briestr., *Delphinium mauritanicum* Coss., *Scabiosa columbaria* L., *Centaurea parviflora* Desf., *Poa trivialis* L., *Epilobium parviflorum* Schreb.

3.2 Location of the ponds

All the ponds are located in the northern part of the Setif region. This concentration in the north is mainly due to the climate of the area, which is wetter than in the south. The map showing the location of the ponds was created based on geographic coordinates recorded in the field using GPS and processed with ArcGIS software (Figure 3).

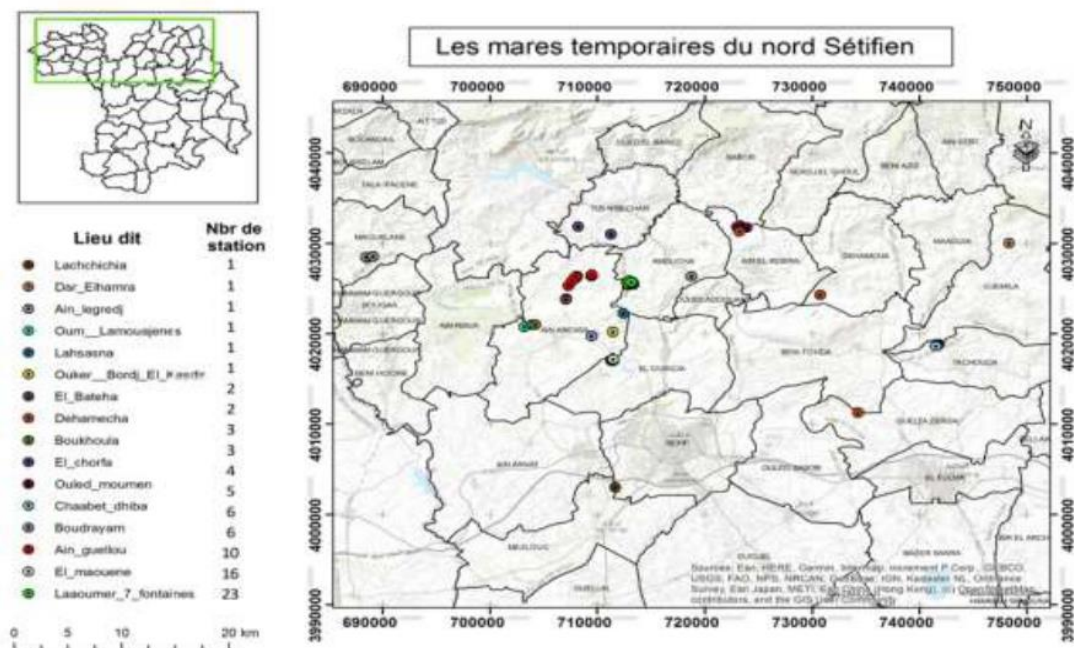


Figure 3: Map of pond locations in the Setif region (Created by Zerroug K., 2024)

4. Floristic Inventory

4.1 Species richness

Out of the 102 ponds inventoried, we recorded 139 species belonging to 35 botanical families. Poaceae represent 13.76% of the total flora, followed by Ranunculaceae at 9.42%, and Apiaceae at 8.69%. Juncaceae, Asteraceae, and Fabaceae each account for 8%. Cyperaceae represent 6.52%, Lamiaceae 4.34%, and Callitrichaceae 3.62%. Caryophyllaceae, Brassicaceae, and Plantaginaceae each make up 2.89%. Polygonaceae account for 2.17%. Five families with two species each represent 1.44% per family, while those with only one species (17 families) each account for 0.72%.

4.2 Floristic Diversity

The studied flora is dominated by dicotyledonous angiosperms, which form the largest systematic group with 90 species belonging to 24 families and 57 genera. Monocotyledons include 49 species distributed across 11 families and 30 genera (Table 2).

The surveys conducted allowed the observation of one species of Characeae: *Chara* sp., and *Juncus inflexus*. These are considered bioindicators of the quality of stagnant waters, as they decline rapidly in cases of eutrophication (Lambert et al., 2011). Other bioindicator species of mesotrophic habitats were also recorded, such as: *Alisma plantago-aquatica*, *Eleocharis palustris*, *Galium palustre*, *Carex divisa*, and *Oenanthe fistulosa* (Scoof-Van Pelt, 1973 and De Foucault, 1988). The presence of *Equisetum* indicates clayey and moist substrates, while *Sparganium erectum* indicates well-mineralized and neutrophilous waters (ponds of Ain Elkebira and Djebel Megriss). *Nasturtium officinale* is an indicator species of oligotrophic, poorly mineralized waters on siliceous, acidic substrates and develops in deep waters. *Ranunculus aquatilis* is a hydrophyte of calm waters (Boulaacheb, 2009).

The inventory led to the discovery, for the first time, of the species *Elatine alsinastrum* and *Isoetes longissima*, previously reported by Quezel and Santa (1962) in Numidia.

According to the Red List of Vascular Flora of Metropolitan France (2019), out of 421 species classified as threatened or near-threatened, four near-threatened species were identified in our studied ponds: *Cardamine parviflora* L., *Dactylorhiza elata* (Poir.) Soó., *Oenanthe globulosa* L., and *Trifolium retusum* L., all showing declining population trends. Among the threatened species, *Eryngium pusillum* L. is classified as endangered, and *Ranunculus lateriflorus* DC is listed as vulnerable.

According to the Red List of Vascular Flora of Brittany, *Elatine alsinastrum* L. is classified as critically endangered. *Ranunculus arvensis* L. and *Carex acutiformis* Ehrh. are considered endangered species, while *Butomus umbellatus* L., *Calendula arvensis* L., and *Ranunculus ophioglossifolius* Vill. are classified as near-threatened.

Table 2: List of recorded species

Family	Species	Life-form	Chorology
Apiaceae	<i>Oenanthe fistulosa</i> L.	Hemicryptophyte	Euras
	<i>Oenanthe globulosa</i> L.	Hemicryptophyte	Eur. Med.
	<i>Oenanthe virgata</i> Poir	Geophyte	End NA
	<i>Eryngium pusillum</i> L.	Hemicryptophyte	Eur. Med.
	<i>Eryngium campestre</i> L.	Hemicryptophyte	
	<i>Selinopsis foetida</i> coss. & Durieu ex Batt	Hemicryptophyte	End
	<i>Apium graveolens</i> L.	Hemicryptophyte	N. Trop.
	<i>Scandix pecten-Veneris</i> L.	Therophyte	Eur. Med
	<i>Daucus Carota</i> L.	Geophyte	Med.
	<i>Ammoides Pussila</i> (Brot) Briestr	Therophyte	Med.
	<i>Thapsia garganica</i> L./.	Hemicryptophyte	Med.
	<i>Helosciadium nodiflorum</i> L.	Hemicryptophyte	Euras.
Asteraceae	<i>Calendula arvensis</i> (vaill.) L.	Therophyte	Sub- med.
	<i>Leontodon tuberosus</i> L.	Hemicryptophyte	Med
	<i>Hyoseris radiata</i> L.	Hemicryptophyte	Eur.- Med
	<i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter	Hemicryptophyte	Circummed.
	<i>Reichardia picroides</i> (L.) Roth	Hemicryptophyte	Med.
	<i>Chrysanthemum myconis</i> L.	Therophyte	Med.
	<i>Helmenthia echioides</i> (L) Gaertn	Hemicryptophyte	Eur med.
	<i>Anthemis arvensis</i> L.	Therophyte	Med.
	<i>Centaurea parviflora</i> Desf.	Hemicryptophyte	End Alg. Tun.
	<i>Jacobaea gigantea</i> (Desf.) Pelser	Therophyte	End N.A

	<i>Centaurea amara</i> L.	Hemicryptophyte	End. Alg-Tun
Alismataceae	<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	Hemicryptophyte	Circumbor
Asparagaceae	<i>Ornithogalum umbellatum</i> L.	Geophyte	Atl. Med.
Brassicaceae	<i>Nasturtium officinale</i> R. Br.	Hemicryptophyte	Cosm.
	<i>Cardamine parviflora</i> L.	Therophyte	Circumbor.
	<i>Sinapis arvensis</i> L.	Therophyte	Paleo-Temp.
	<i>Capsella bursa-pastoris</i> L.	Therophyte	Med.
Boraginaceae	<i>Myosotis arvensis</i> (L.) Hill	Therophyte	Circumbor
Butomaceae	<i>Butomus umbellatus</i> L.	Geophyte	Euras
Cyperaceae	<i>Carex distans</i> L.	Hemicryptophyte	Paleo-temp.
	<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. & Schult.	Geophyte	Subcosm.
	<i>Carex leporina</i> L.	Hemicryptophyte	Circumbor.
	<i>Isolepis setacea</i> (L.) R.Br	Therophyte	Paleo-temp.subtrop.
	<i>Carex divisa</i> Huds.	Hemicryptophyte	Atl.-Med.
	<i>Carex acutiformis</i> Ehrh	Hemicryptophyte	Euras.
	<i>Carex pendula</i> Hudson.	Hemicryptophyte	Euras
	<i>Bolboschoenus maritimus</i> L.	Geophyte	Cosm.
	<i>Scripoides Holoschoenus</i>	Hemicryptophyte	Paleo-temp
Caryophyllaceae	<i>Polycarpon tetraphyllum</i> (L.) L.	Hemicryptophyte	A. N.-Sicile
	<i>Cerastium atlanticum</i> Dur.	Therophyte	End-N.A.
	<i>Silene gallica</i> L.	Therophyte	Paléo-Temp.
	<i>Silene laeta</i> (Ait) A.B.	Therophyte	W. Med.
Callitricheaceae	<i>Callitriche stagnalis</i> Scop.	Therophyte	Euras
	<i>Callitriche obtusangula</i> Le Gall	Hemicryptophyte	Eur.
	<i>Callitriche palustris</i> L.	Hemicryptophyte	Med
	<i>Callitriche hamulata</i> Kütz.	Hemicryptophyte	W. Eur.
	<i>Callitriche brutia</i> Petagna	Hemicryptophyte	Med
Campanulaceae	<i>Solenopsis laurentia</i> (L.) C.Presl	Therophyte	Med.
Crassulaceae	<i>Sedum caeruleum</i> L.	Therophyte	Cent.Méd
Dipsacaceae	<i>Scabiosa columbaria</i> L.	Hemicryptophyte	Eur. As.
Elatinaceae	<i>Elatine alsinistrum</i> L.	Hemicryptophyte	Euras
Équisétaceae	<i>Equisetum maximum</i> Lamk	Geophyte	Circumbor. Temp.
Fabaceae	<i>Lotus corniculatus</i> L.	Hemicryptophyte	Eur-Asie
	<i>Trifolium tomentosum</i> L.	Therophyte	Med
	<i>Trifolium hybridum</i> L.	Hemicryptophyte	Europ
	<i>Vicia sativa</i> L.	Therophyte	Eur-Med.
	<i>Trifolium fragiferum</i> L.	Hemicryptophyte	Euras-Med
	<i>Trifolium retusum</i> L.	Therophyte	Eur.
	<i>Trifolium strictum</i> L.	Therophyte	Med-Atl
	<i>Lathyrus pratensis</i> L.	Hemicryptophyte	Med.-Euras.
	<i>Trifolium pratense</i> L.	Hemicryptophyte	Euras
	<i>Trifolium repens</i> L.	Hemicryptophyte	Circumbor.
	<i>Melilotus sicula</i> (Turra) Jackson	Therophyte	Med.
Gentianaceae	<i>Centaureum pulchellum</i> (SW.) Druce	Therophyte	Paleotemp.

Isoetaceae	<i>Isoetes longissima</i> Bory & Durieu	Geophyte	Med.
Juncaceae	<i>Juncus effusus</i> L.	Geophyte	Paleo-bor.
	<i>Juncus bufonius</i> L.	Therophyte	Cosm.
	<i>Juncus articulatus</i> L.	Hemicryptophyte	Circumboréal
	<i>Juncus compressus</i> Jacq.	Geophyte	Euras
	<i>Juncus heterophyllus</i> Dufour	Hemicryptophyte	Atl-Med.
	<i>Juncus bulbosus</i> L.	Hemicryptophyte	Europ.
	<i>Juncus conglomeratus</i> L.	Geophyte	Paleo-bor.
	<i>Juncus acutus</i> L.	Hemicryptophyte	Subcosm.
	<i>Juncus maritimus</i> Lamk.	Hemicryptophyte	Subcosm.
	<i>Juncus inflexus</i> L.	Geophyte	Paleo-temp.
	<i>Juncus tenageia</i> L.f.	Therophyte	Atl-Med.
Lamiaceae	<i>Mentha rotundifolia</i> L.	Hemicryptophyte	Atl-Med.
	<i>Mentha pulegium</i> L.	Hemicryptophyte	Euras.
	<i>Bellardia latifolia</i> (L.) Cuatrec	Therophyte	Med.
	<i>Mentha aquatica</i> L.	Geophytes	Paleo-temp.
	<i>Salvia verbenaca</i> (L.) Briq.	Hemicryptophyte	Med. Atl.
	<i>Ocimum basilicum</i> L.	Therophyte	Subtrop
Linaceae	<i>Linum strictum</i> L.	Therophyte	Med.
Lemnaceae	<i>Lemna minor</i> L.	Therophyte	Subcosm
Onagraceae	<i>Epilobium parviflorum</i> Schreb.	Hemicryptophyte	End
	<i>Epilobium tetragonum</i> L.	Hemicryptophyte	Med
Orchidaceae	<i>Dactylorhiza maculata</i> (L.) Soó	Geophyte	Euras.
	<i>Dactylorhiza elata</i> (Poir.) Soó	Geophyte	Med.
Poaceae	<i>Bromus hordaceus</i> L.	Therophyte	Paleotemp.
	<i>Poa trivialis</i> L.	Hemicryptophyte	Atl. Sah. Macar.Euras
	<i>Poa annua</i> L.	Therophyte	Cosm
	<i>Alopecurus pratensis</i> L.	Hemicryptophyte	Med.-Atl.
	<i>Alopecurus bulbosus</i> Gouam	Hemicryptophyte	Med-Atl
	<i>Phalaris paradoxa</i> L.	Therophyte	Med.
	<i>Phalaris coerulescens</i> Desf.	Geophyte	Macar.Med
	<i>Cynosurus polybracteatus</i> Poiret.	Therophyte	End Algero-Tun.
	<i>Lolium perenne</i> L.	Hemicryptophyte	Circumbor.
	<i>Lolium rigidum</i> Gaud.	Therophyte	Paleo-subtrop.
	<i>Polypogon monspeliensis</i> (L.) Desf.	Therophyte	Paleo-subtrop.
	<i>Rostraria cristata</i> (L.) Tzvelv	Therophyte	Sub-cosm.
	<i>Bromus lanceolatus</i> Roth	Therophyte	Paleotemp.
	<i>Anisantha rubens</i> L.	Therophyte	Paleo-subtrop.
	<i>Festuca anundinacea</i> (Sch.) Hack	Geophyte	Circumbor
	<i>Phleum pratense</i> L.	Hemicryptophyte	Circumbor
	<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R.BR	Hemicryptophyte	Subcosm
	<i>Briza minor</i> L.	Therophyte	subcosm
	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Geophyte	Cosm
Plantaginaceae	<i>Plantago major</i> L.	Hemicryptophyte	Euras.
	<i>Plantago lagopus</i> L.	Therophyte	Med.

	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Hemicryptophyte	Euras.
	<i>Veronica anagallis-aquatica</i> L.	Hemicryptophyte	Circumbo
Polygonaceae	<i>Rumex pulcher</i> L.	Hemicryptophyte	Med
	<i>Rumex crispus</i> L.	Hemicryptophyte	Cosm
	<i>Rumex conglomeratus</i> Murray	Hemicryptophyte	Cosm
Primulaceae	<i>Lysmachia arvensis</i> (L)U Manns & Anderb	Therophyte	Sub. cosmop
Renonculaceae	<i>Ranunculus arvensis</i> L.	Therophyte	Paleo-temp.
	<i>Ranunculus macrophyllus</i> Desf	Hemicryptophyte	W. Med.
	<i>Adonis aestivalis</i> L.	Therophyte	Euras.
	<i>Ranunculus flammula</i> L.	Hemicryptophyte	Euras
	<i>Ranunculus trichophyllus</i> Chaix	Hemicryptophyte	Circumbor.
	<i>Ranunculus ophioglossifolius</i> Vill	Therophyte	Med.
	<i>Ranunculus aquatilis</i> L.	Hemicryptophyte	Cosm
	<i>Delphinium mauritanicum</i> Coss.	Therophyte	End. N.A.
	<i>Ranunculus muricatus</i> L.	Therophyte	Med
	<i>Ranunculus lateriflorus</i> DC	Therophyte	Euras
	<i>Anthericum liliago</i> L.	Hemicryptophyte	Atl-Méd
	<i>Ranunculus scleratus</i> L.	Therophyte	Paleotemp
	<i>Ranunculus hederaceus</i> L.	Hemicryptophyte	Med-Atl
Rubiaceae	<i>Sherardia arvensis</i> L.	Therophyte	Euras.
	<i>Galium palustre</i> L.	Hemicryptophyte	Euras.
Resedaceae	<i>Reseda alba</i> L.	Hemicryptophyte	Euras.
Rosaceae	<i>Potentilla reptans</i> L.	Hemicryptophyte	Euras.
Scrophulariaceae	<i>Scrophularia auriculata</i> L.	Hemicryptophyte	Eur-Med
	<i>Scrophularia tenuipes</i> Coss. et Dur.	Hemicryptophyte	End
Typhaceae	<i>Typha angustifolia</i> L.	Geophyte	Sub-circumb.
	<i>Sparganium erectum</i> L.	Geophytes	Euras.
Verbenaceae	<i>Verbena officinalis</i> L.	Hemicryptophyte	Paleo-temp.

4.3 Rarity

According to the national report (2014), the number of more or less rare species, based on the analysis of the flora by Quezel and Santa (1962), is estimated at 1,818 (1,185 species, 455 subspecies, and 178 varieties) across the entire national territory. The sub-sector of the Constantine High Plateaus (H2), which includes the Setif region, contains 159 rare species (Quezel and Santa, 1962). Of these 159, we recorded 10 rare species (Table 3).

This low number of rare species is probably due to the types of habitats surveyed. According to Pimm et al. (1988) and Gaston (1991), rare species hold significant conservation value, either for their heritage importance or because of their risk of extinction.

Table 3: List of rare species

Taxon according to (Dobignard et Chatelain, 2010–2013)	Quezel et Santa, (1962)
<i>Eryngium campestre</i> L.	AR
<i>Cerastium atlanticum</i> Dur.	AR
<i>Trifolium pratense</i> L.	AR

<i>Phalaris paradoxa</i> L.	R
<i>Centaurea parviflora</i> Desf.	AR
<i>Mentha aquatica</i> L.	AR
<i>Ranunculus ophioglossifolius</i> Villars.	R
<i>Ranunculus lateriflorus</i> DC.	R
<i>Eryngium pusillum</i> L.	R
<i>Selinopsis foetida</i> Coss. & Durieu ex Batt	R

AR = Relatively rare

R = Rare

Of the 452 species listed in the 2012 publication of protected plants in Algeria, ten species have been recorded: *Juncus bulbosus* L., *Cardamine parviflora* L., *Sparganium erectum* L., *Isolepis setacea* (L.) R.Br., *Callitriche palustris* L., *Centaurea amara* L., *Epilobium parviflorum* Schreb., *Ranunculus flammula* L., *Scrophularia tenuipes* Coss. & Dur., *Selinopsis foetida* Coss. & Durieu ex Batt.

4.4 Biological spectrum

The composition of the overall biological spectrum shows that hemicryptophytes predominate (70 species), followed by therophytes (49 species). It is worth noting that the El Chorfa ponds (Ain Elkebira municipality), Djebel Sidi Mimoune El Ghdir (Beni Aziz municipality), and Chaabet Diba (Tachouda municipality) alone account for 27 annual species (Figure 4).

The composition of the overall biological spectrum shows that hemicryptophytes predominate; according to Barbero et al. (1989), the dominance of hemicryptophytes is linked to rainfall and cold conditions, especially in winter, and can also be explained by the soil's richness in organic matter and moisture. The high proportion of therophytes indicates a strong influence of uncontrolled grazing, which leads to a reduction in community richness (Ranwell 1972; Jensen 1985; Bakker 1989; Sternberg et al. 2000). In general, ponds are characterized by plant communities dominated by annuals, which are adapted to the alternation of dry and wet phases and to significant interannual variations in the height and duration of flooding (Medail et al., 1998; Rhazi et al., 2006). Barbero et al. (1981) describe therophytization as the final stage of ecosystem degradation. Geophytes are also fairly well represented (20 species); as perennials, geophytes are less affected by grazing and are able to withstand it thanks to their underground stems.

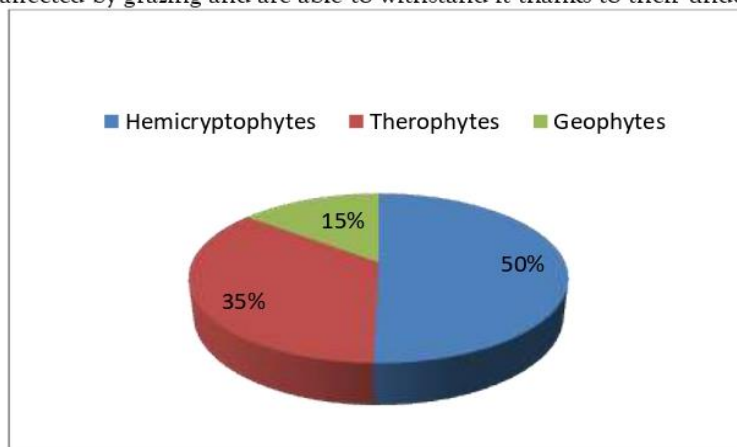


Figure 4: Biological spectrum.

4.5 Chorology

Figure 5 shows the biogeographical distribution of the 139 species into four groups:

➤ **The Mediterranean group:**

Out of the 139 listed species, 26 are Mediterranean. The most represented families are Asteraceae (4 species), Apiaceae and Ranunculaceae (3 species each), and Fabaceae (2 species).

➤ **The Northern group**

This group includes 52 species, representing 37% of the recorded flora. These results are comparable to those of Boulaacheb (2009). Among the 35 families, 24 are well represented in this group, with the most significant being Juncaceae and Ranunculaceae (6 species each), Poaceae (5 species), Cyperaceae and Fabaceae (4 species each), and Apiaceae and Lamiaceae (2 species each).

➤ **Wide distribution:**

This group comprises 47 species, of which 16 are cosmopolitan and subcosmopolitan species. The paleo-subtropical species include 4 species: *Isolepis setacea* (L.) R.Br.; *Anisantha rubens* L.; *Polypogon monspeliensis* (L.) Desf.; *Lolium rigidum* Gaud.

➤ **The endemic group**

According to Yahia et al. (2012), the number of strict Algerian endemic species is 300. The endemics developing in our ponds are relatively few (10 species): including broad North African endemics and strictly Algero-Tunisian endemics.

➤ **North African endemics:** *Cerastium atlanticum*, *Delphinium mauritanicum*, *Jacobaea gigantea*, *Oenanthe virgata*.

➤ **Algero-Tunisian endemics:** *Cynosurus polybracteatus*, *Centaurea parviflora*, *Centaurea amara*.

➤ **Strict endemics:** *Scrophularia tenuipes*, *Epilobium parviflorum*, *Selinopsis foetida*.

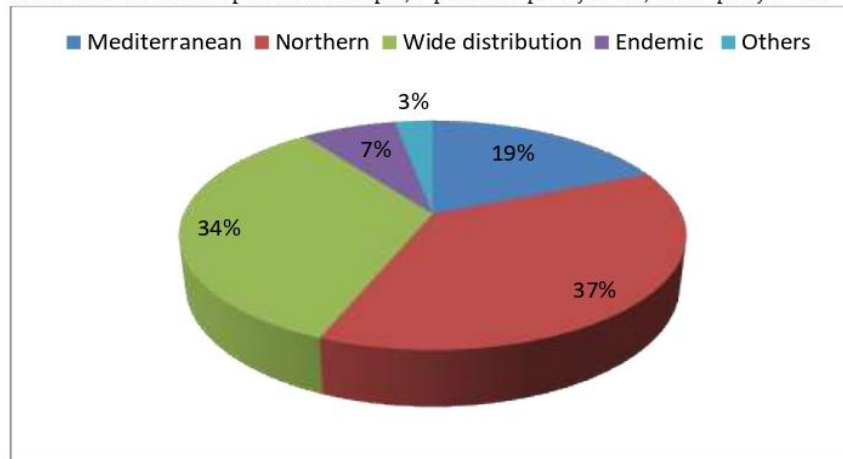


Figure 5: Chorological Spectrum.

5. Measurement of floristic diversity in the studied ponds

The average value of the Shannon index (H' : 3.20) for all ponds indicates a high species richness. Among the 102 ponds, the Dar El-Hamra pond (Djemila Municipality) (H' : 0.40) and the Zaatria pond (Ain Abbassa Municipality) (H' : 0.37) are the most diverse. The Simpson index, which gives greater weight to abundant species, is 0.123, indicating relatively high diversity.

6. Spatial organization of vegetation

The results reveal a structuring of the ponds into three concentric zones:

- A **first belt** consisting of grasslands composed of meso-hygrophilous species such as: *Carex distans*, *Bromus hordeaceus*, *Leontodon tuberosus*, *Capsella bursa-pastoris*, *Mentha pulegium*, *Eryngium campestre*, *Ornithogalum umbellatum*, *Silene gallica*, *Cynodon dactylon*.
- A **second belt** dominated by rushes (*Juncus* spp.) accompanied by: *Trifolium pratense*, *Oenanthe virgata*, *Oenanthe fistulosa*, *Carex divisa*, *Jacobaea gigantea*, *Trifolium parviflorum*, *Festuca arundinacea*, *Galium palustre*, *Mentha aquatica*, *Cerastium atlanticum*.
- A **third belt** (with water lasting until mid-July, or at the latest mid-August) colonized by aquatic and/or amphibious species such as: *Ranunculus aquatilis*, *Alisma plantago-aquatica*, *Ranunculus ophioglossifolius*, *Eleocharis palustris*, *Ranunculus lateriflorus*, *Glyceria fluitans*.

According to Deil (2005), this structure is linked to the water depth gradient and the duration of submersion. Similar patterns have also been observed in Morocco (Rhazi et al., 2006) and in Sardinia (Bagella et al., 2009b). This zonation appears to be characteristic of Mediterranean temporary ponds, with an outer zone dominated by terrestrial species, an intermediate zone by amphibious species, and a central

zone by aquatic species. The high temporary species richness is often explained by the functional nature of these ponds, particularly the alternation of flooded and dry phases, which allows for the coexistence of a heterogeneous assemblage of species (aquatic, amphibious, and terrestrial) (Bouldjedri et al., 2011). During the summer season, most ponds are covered by species such as: *Mentha pulegium*, *Juncus effusus*, *Rumex conglomeratus*, *Delphinium mauritanicum*, *Phalaris paradoxa*, *Verbena officinalis*, *Scabiosa columbaria*, *Rostraria cristata*, *Bromus lanceolatus*.

7. Socio-economic survey

These ponds are mainly exploited through anthropogenic activity; a socio-economic survey was conducted during the period 2017–2018 within a study area encompassing fourteen municipalities: Setif, Ain El Kbir, El Hachaïchia, Beni Aziz, Takouka, Tachouda, Ouled Moumen, El Maouane, El Dhamcha, Ain Laghrage, Moaklane, Djemila, Ain Abbassa, and Bougaa. The survey targeted a sample of 70 individuals, arbitrarily selected from within the study area, primarily located near the ponds. Local administrations particularly the forestry districts of Eulma, Beni-Aziz, Ain Abbassa, and Bougaa were also included in the study.

Perceptions of pond usage were more prevalent among men (74%) than women (26%). This reflects the strong connection men have with these habitats, particularly in meeting livestock needs (water, grazing) and for local agricultural practices. This perception is also closely linked to land ownership status. In fact, most users are landowners who view ponds as a freely accessible resource for water, grazing, and the collection of medicinal plants such as *Mentha pulegium* L., *Ocimum basilicum* L., *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter, *Trifolium pratense* L., *Rumex pulcher* L., *Verbena officinalis* L., and *Plantago major* L., as well as artisanal plants like *Juncus acutus* L. and *Juncus maritimus* Lam. These are often harvested directly from the ponds and sold locally by the population. Some ponds are also used for traditional therapy by local residents for instance, the pond located in the municipality of Ain Laghrage is known for its leeches, which are sought after for treating certain ailments.

8. Threats and conservation measures.

Concerning the threats and conservation measures, despite their richness, the ponds are subject to increasing anthropogenic pressures, leading either to their transformation or disappearance. The main identified anthropogenic threats include destruction by infilling, drainage for agricultural and urban development purposes, grazing, and alteration of hydrological functioning, pollution, and encroachment by woody species such as *Crataegus azarolus* L., *Olea europaea* L., *Prunus armeniaca* L., *Cupressus sempervirens* L., and *Calicotome spinosa* L., as well as hunting, particularly of ducks. climate change is expected to result in changes in temperature and precipitation patterns, impacting pond hydrology (Brooks, 2009). Increased droughts may lead to more intense summer dry periods, causing ponds to dry up due to evapotranspiration.

This threat assessment can serve as a tool for better management of ponds, especially those hosting endemic, rare, or newly recorded species in the Setif region, such as *Isoetes longissima* Bory & Durieu and *Elatine alsinastrum* L. There is an urgent need to implement a regular monitoring program of plant and animal communities. Moderate grazing is often used as a management tool to maintain floristic diversity in wetlands (Forman & Godron, 1986; Turner, 1989; Burel, 1992; Burel & Baudry, 1999).

These conservation measures must also be accompanied by awareness campaigns targeting local populations, emphasizing the importance of preserving natural habitats, and encouraging their involvement in pond management. Furthermore, it is essential to strengthen political will and introduce greater flexibility into conservation procedures through the establishment of legislative frameworks to ensure legal protection of these natural environments.

CONCLUSION

The study highlighted the richness of the Setif region in temporary ponds, with a total of 102 ponds recorded. The flora comprises 139 species, of which 50% are hemicryptophytes. From a chorological perspective, endemic species account for 10 species (7%), and northern elements are well represented, comprising 37% of the total. It is also worth noting that among the 139 recorded species, 10 are considered rare, and another 10 are listed among the protected and non-cultivated plant species in Algeria. Species previously reported only in Numidia, such as *Elatine alsinastrum* and *Isoetes longissima*,

have been newly discovered. These habitats, notable for their unique ecology and biodiversity, represent a significant natural heritage value. The establishment of legislative measures for their conservation is urgently needed.

REFERENCES

- [1] National Agency for Land Mediation and Regulation (ANIREF) (Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière).
- [2] Bagella, S., Caria, M.A., Farris, E., & Filigheddu, R.S. (2009). Spatial-time variability and conservation relevance of plant communities in Mediterranean temporary wet habitats: A case study in Sardinia (Italy). *Plant Biosystems*, 143, 435–442.
- [3] Barberó, M. (1989). Characterization of Some Forest Structures and Architectures of Evergreen Trees and Shrubs in the Mediterranean Zone." *Revue Forestière Française*, 5, 371–380. (Caractérisation de quelques structures et architectures forestières des arbres et arbustes à feuilles persistantes de l'étage méditerranéen. *Revue Forestière Française*, 5, 371–380.)
- [4] Barberó, M., Quézel, P., & Rivas-Martinez, S. (1981). Contribution to the Study of Forest and Pre-Forest Communities in Morocco." *Phytocoenologia*, 9, 311–412.
- [5] Barbour, M.G., Solomeshch, A.I., Holland, R.F., Witham, C.W., Macdonald, R.L., Cilliers, S.S., Molina, J.A., Buck, J.J., & Hillman, J.M. (2005). Vernal pool vegetation of California: communities of long-inundated deep habitats. *Phytocoenologia*, 35, 177–200.
- [6] Bakker, J.P. (1989). *Nature management by grazing and cutting*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- [7] Bensettiti, F., Gaudillat, V., Haury, J., Barbier, B., & Peschadour, F. (Coords.) (2002). *Natura 2000 Habitat Notebooks. Volume 3 – Wetland Habitats*. MATE/MAP/MNHN, La Documentation Française, Paris. 457 pages + CD-ROM.
- [8] Bliss, S.A., & Zedler, P.H. (1998). The germination process in vernal pools: sensitivity to environmental conditions and effects on community structure. *Oecologia*, 113, 67–73.
- [9] Bouldjedri, M., de Bélair, G., Mayache, B., & Muller, S.D. (2011). Threats and Conservation of Wetlands in North Africa: The Case of the Ramsar Site of Beni-Belaid (Northeastern Algeria)." *Comptes Rendus Biologies*, 334(10), 757–772. (Menaces et conservation des zones humides d'Afrique du Nord : le cas du site Ramsar de Beni-Belaid (NE algérien). *Comptes Rendus Biologies*, 334(10), 757–772).
- [10] Boulaacheb, N. (2009). *Study of Terrestrial and Aquatic Vegetation of Djebel Megriss (Northern Tell, Algeria)*. PhD Thesis, Ferhat Abbas University, Sétif. 402 pages + appendices.
- [11] Brooks, R.T. (2009). Potential impacts of global climate change on the hydrology and ecology of ephemeral freshwater systems of the forests of the northeastern United States. *Climatic Change*, 95, 469–483.
- [12] Burel, F. (1992). Effect of landscape structure and dynamics on species diversity in hedgerow networks. *Landscape Ecology*, 6, 161–174.
- [13] Burel, F., & Baudry, J. (1999). *Landscape Ecology: Concepts, Methods and Applications*. Tec & Doc, Lavoisier, Paris. 359 pages.
- [14] Deil, U. (2005). A review on habitats, plant traits and vegetation of ephemeral wetlands – a global perspective. *Phytocoenologia*, 35, 533–705.
- [15] De Foucault, B. (1988). *Low Amphibious Herbaceous Vegetation: Systematics, Structuralism, Synsystematics*. "Dissertationes Botanicae 121, 150 pages, Berlin, Stuttgart.
- [16] Dobignard, A., & Chatelain, C. (2010–2013). *Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord*. Ed. Conservatoire et Jardin Botanique de Genève. Available at: <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/afrika>
- [17] Forman, R.T.T., & Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons, New York, 619 p.
- [18] Gaston, K.J. (1991). How large is a species' geographical range? *Oikos*, 61, 434–438.
- [19] Grillas, P., Gauthier, P., Yaverkovski, N., & Perennou, C. (2004). *Mediterranean Temporary Ponds – Volume 1: Conservation Issues, Functioning, and Management*. 121 pages.
- [20] Jensen, A. (1985). The effect of cattle and sheep grazing on salt marsh vegetation at Skallingen, Denmark. *Vegetatio*, 60, 37–48.
- [21] Official Journal of the Algerian Republic (O.J.A.R.). (2012). Executive Decree of January 18, 2012, supplementing the list of uncultivated and protected plant species. OJAR No. 3, 12/01/2012, pp. 12–38.
- [22] Lambert, S.J., & Davy, A.J. (2011). Water quality as a threat to aquatic plants: discriminating between the effects of nitrate, phosphate, boron and heavy metals on Characeae. *New Phytologist*, 189, 1051–1059.
- [23] Médail, F., & Quézel, P. (1999). Biodiversity hotspots in the Mediterranean Basin: setting global conservation priorities. *Conservation Biology*, 13, 1510–1513.
- [24] Médail, F., Michaud, H., Molina, J., Paradis, G., & Loisel, R. (1998). Conservation of the Flora and Vegetation of Freshwater and Oligotrophic Temporary Ponds in Mediterranean France. *Ecologia Mediterranea*, 24, 119–134.
- [25] Paradis, G., & Pozzo Di Borgo, M.-L. (2007). Temporary Ponds: A Remarkable Habitat (Corsica). *Stantari*, 8, 19–27. (Les mares temporaires : un habitat remarquable (Corse). *Stantari*, 8, 19–27).
- [26] Pimm, S.L., Jones, H.L., & Diamond, J. (1988). On the risk of extinction. *The American Naturalist*, 132, 757–785.
- [27] Pyke, C.R. (2004). Simulating vernal pool hydrologic regimes for two locations in California, USA. *Ecological Modelling*, 173(2–3), 109–127.
- [28] Quézel, P. (1998). The Vegetation of Temporary Ponds with *Isoetes* in the Mediterranean Region: Heritage Value and Conservation. *Ecologia Mediterranea*, 24, 111–117.

- [29] Quézel, P., & Santa, S. (1962–1963). *New Flora of Algeria and the Southern Desert Regions*. Volumes I & II, CNRS, Paris.
- [30] Ranwell, D.S. (1972). *Ecology of salt marshes and sand dunes*. Chapman & Hall, London.
- [31] Rhazi, L., Grillas, P., Saber, E., Rhazi, M., Brendonck, L., & Waterkeyn, A. (2012). Vegetation of Mediterranean temporary pools: a fading jewel? *Hydrobiologia*, 689, 23–36.
- [32] Rhazi, L., Rhazi, M., Grillas, P., & El Khyari, D. (2006). Richness and structure of plant communities in temporary pools from western Morocco: influence of human activities. *Hydrobiologia*, 570, 197–203.
- [34] Scoof-Van Pelt, M.M. (1973). *Littorelletea: A study of the vegetation of source amphiphytic communities of Western Europe*. Stichting Studentenpers, Nijmegen. 216 p.
- [35] Sternberg, M., Gutman, M., Perevolotsky, A., Ungar, E.D., & Kigrl, J. (2000). Vegetation response to grazing management in a Mediterranean herbaceous community: a functional group approach. *Journal of Applied Ecology*, 37, 224–237.
- [36] Turner, M.G. (1989). Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 20, 171–197.
- [37] Yahi, N., Vela, E., Benhouhou, S., De Bélair, G., & Gharzouli, R. (2012). Identifying Important Plant Areas (Key Biodiversity Areas for Plants) in northern Algeria. *Journal of Threatened Taxa*, 4(8), 2753–2765.

المخلص

يتمثل الهدف الرئيسي لدراستنا في جرد الغطاء النباتي للبرك المؤقتة في منطقة سطيف، وتشخيص وضعها الحالي، وذلك من خلال تحليل تطورها عبر مراحل زمنية مختلفة، وتقييم التغيرات التي طرأت عليها. كما رافق هذا العمل استجواب أجري مع السكان المحليين لفهم تأثير الإنسان على البرك. أسفر الجرد النباتي عن تسجيل 139 نوعاً موزعاً على 87 جنساً و35 عائلة نباتية، مع هيمنة واضحة لعائلة النجيلية (poacées) تضم 19 نوعاً. وتنتمي هذه الأنواع إما إلى الأوساط الرطبة أو إلى الأوساط البرية. وأظهرت دراسة الطيف البيولوجي العام سيادة Hémicryptophytes (70 نوعاً، أي 50%). وتنتمي معظم الأنواع المسجلة إلى المجموعة الفيتوجغرافية الشمالية (37%)، في حين وُجدت 10 أنواع محلية، ومن بين الأنواع 139 المسجلة، صُنِفَ 10 أنواع منها نادرة، و10 أخرى ضمن قائمة النباتات البرية المحمية في الجزائر، كما سجل وجود 18 نوعاً طبياً. وقد سجلنا وجود بعض الأنواع لأول مرة في المنطقة، مثل: *Elatine alsinastrum* و *Isoetes longissima*، والتي كانت مسجلة سابقاً في القطاع النوميدي فقط. أما تحليل التطور الزمني للبرك في منطقة سطيف في الفترة (2010–2023) قد أبرز تراجعاً كبيراً في مساحة بعض البرك، مثل بركة أم المواجهن التي انخفضت مساحتها من 11840.28 م² سنة 2010 إلى 8329.805 م² سنة 2023. ويرجع هذا التدهور مباشرة إلى الممارسات البشرية، مثل: الزراعة، الرعي، الصرف، الردم، سقي الماشية، والتلوث. كما أظهرت التغيرات في استعمالات الأراضي ببلديتي عين عباسية وعين الكبيرة تراجعاً في مساحة بعض البرك، ويرجع هذا التغيير بالأساس إلى الجفاف المتكرر والتقلبات المناخية التي تقلل من مدة الغمر المائي، فضلاً عن تأثير الإنسان، مثل التوسع العمراني، والزراعة، مما يؤدي إلى نقص المساحة، أو اختفاء بعض البرك. كما أكد التحليل الزمني لمؤشر NDWI في الفترة (2007–2025) تراجعاً تدريجياً في مستوى مياه البرك. وكشف الاستجواب مع السكان المحليين أن البرك تُعدّ نُظْماً بيئية غنية بالموارد توفر خدمات متعددة لهم، منها: الرعي، الزراعة، التزود بالماء، والنباتات الطبية. غير أن نظرة السكان لهذه البرك تتأثر بالوضعية العقارية: إذ يعتبر معظم المستعملين، كونهم ملاكاً خواص، مما يزيد من هشاشتها تجاه الضغوط البشرية، والتغيرات المناخية. ومن هنا تبرز الحاجة الملحة إلى وضع إجراءات للحفاظ على هذه البرك، وإعداد أطر تشريعية تضمن حمايتها المستدامة باعتبارها نُظْماً بيئية هشة.

الكلمات المفتاحية: البرك، سطيف، التنوع النباتي، التطور الزمني، استعمالات الأراضي، NDWI، الضغط البشري، الحماية.

Résumé

Notre étude a pour objectif principal d'inventorier la flore des mares du Sétifois et d'établir un diagnostic de leur état actuel, afin d'analyser leur évolution diachronique et d'évaluer les changements dans l'occupation du sol. Elle s'accompagne également d'une enquête socio-économique menée auprès de la population locale pour comprendre la relation homme-mare.

L'inventaire floristique des mares dans le Sétifois a permis de recenser 139 espèces réparties en 87 genres et appartenant à 35 familles botaniques, avec une forte dominance de la famille des Poacées (19 espèces). Ces espèces sont soit inféodées aux zones humides, soit liées aux milieux terrestres. L'analyse du spectre biologique global révèle une prédominance des hémicryptophytes (70 espèces, soit 50 %). La majorité des espèces recensées appartient à l'ensemble phytochorique septentrional (37 %), tandis que dix espèces sont endémiques. Par ailleurs, sur les 139 espèces inventoriées, 10 sont considérées comme rares et 10 autres figurent dans la liste des espèces végétales non cultivées et protégées en Algérie. Certaines espèces, jusque-là uniquement signalées en Numidie, ont été nouvellement observées dans la région (notamment *Elatine alsinastrum* L. et *Isoetes longissima* Bory & Durieu). L'étude a également mis en évidence 18 espèces médicinales.

L'analyse diachronique, couvrant la période 2010-2023, met en évidence une régression significative de la superficie de certaines mares, à l'image de la mare d'Oum Lamouadjne qui est passée de 11840.28 m² en 2010 à 8329.805 m² en 2023, conséquence directe des pratiques humaines telles que l'agriculture, le pâturage, le comblement, piétinement, l'abreuvement du bétail et la pollution. L'évolution d'occupation du sol dans les communes d'Ain Abbassa et Ain ElKebira montre une diminution dans la superficie des mares. Cette dynamique s'explique principalement par les sécheresses récurrentes et la variabilité climatique, qui réduisent la durée d'inondation, ainsi que par les pressions anthropiques, notamment l'urbanisation et l'agriculture, qui entraînent la modification ou la disparition de certains sites. L'analyse diachronique de l'indice NDWI de ces régions entre (2007-2025) met en évidence une régression progressive des surfaces en eau.

L'enquête socio-économique révèle que les mares constituent des milieux riches en ressources et fournissent de multiples services aux populations locales, notamment le pâturage, l'agriculture, l'approvisionnement en eau et les plantes médicinales. Toutefois, la perception de ces milieux est fortement influencée par le statut foncier : la majorité des usagers, étant des propriétaires privés, considèrent les mares comme des ressources en libre accès, ce qui accentue leur vulnérabilité face aux pressions anthropiques et aux changements climatiques. D'où la nécessité de mettre en place des mesures de conservation et d'élaborer des textes législatifs visant à protéger durablement ces écosystèmes fragiles.

Mots clés: Mares, Sétifois, Diversité floristique, Evolution diachronique, Occupation du sol, NDWI, Action anthropique, Conservation.

Abstract

The main objective of our study is to inventory the flora of the temporary ponds in the Sétif region and to establish a diagnosis of their current state, in order to analyze their diachronic evolution and assess changes in land use. This work is also complemented by a socio-economic survey conducted among the local population to understand the human-pond relationship.

The floristic inventory recorded 139 species, distributed across 87 genera and belonging to 35 botanical families, with a strong dominance of the Poaceae family (19 species). These species are either restricted to wetland habitats or associated with terrestrial environments. The analysis of the overall biological spectrum revealed a predominance of hemicryptophytes (70 species, representing 50%). Most of the recorded species belong to the northern phytochoric group (37%), while ten species are endemic. Moreover, among the 139 inventoried species, 10 are considered rare, and another 10 are listed among Algeria's protected wild plant species. Some species that had previously only been reported in Numidia, such as *Elatine alsinastrum* L. and *Isoetes longissima* Bory & Durieu, were observed for the first time in the region. The study also identified 18 medicinal species.

The diachronic analysis, covering the period 2010–2023, highlights a significant regression in the surface area of certain ponds, such as Oum Lamouadjne pond, which decreased from 11840.28 m² in 2010 to 8329.805 m². This decline is a direct consequence of human practices such as agriculture, grazing, drainage, filling, trampling, livestock watering, and pollution. Land-use changes in

the communes of Aïn Abbessa and Aïn El Kebira show both a decrease and, in some cases, an increase in pond surface area. This dynamic is mainly explained by recurrent droughts and climate variability, which reduce flooding duration, as well as anthropogenic pressures, including urbanization and agriculture, which lead to the alteration or disappearance of certain sites. The diachronic analysis of the NDWI index in these regions (2007–2025) confirms a progressive reduction in water surfaces.

The socio-economic survey reveals that the ponds are resource-rich ecosystems providing multiple services to local populations, including grazing, agriculture, water supply, and medicinal plants. However, perceptions of these environments are strongly influenced by land tenure: most users, being private landowners, consider the ponds as open-access resources, which increases their vulnerability to anthropogenic pressures and climate change. This highlights the urgent need to implement conservation measures and to develop legislative frameworks aimed at ensuring the sustainable protection of these fragile ecosystems.

Keywords: Ponds, Sétif region, Floristic diversity, Diachronic evolution, Land use, NDWI, Anthropogenic impact, Conservation.