

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique



جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed
معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle



Département de Sécurité Industrielle et Environnement

Filière : Sécurité Industrielle

Spécialité : Sécurité Industrielle et Environnement

Mémoire de projet de fin d'études pour l'obtention diplôme de master

THÈME:

**Impact du changement climatique sur la
biodiversité des zones humides : cas d'étude du
Petit Lac d'Oran**

Réalisé par :

- BENHACHLAF fatima zohra
- DJEGHIM tarek

Encadré par :

- DERIESE Fatima zohra

Devant le jury composé de:

Nom et Prénom

Grade

Etablissement

Qualité

2025/2026

REMERCIEMENTS

En premier lieu, nous remercions Dieu tout-puissant pour la force, la patience et l'endurance qu'Il nous a accordées pour mener à bien ce travail. Sans Son soutien, cela n'aurait pas été possible.

Nous adressons nos profonds remerciements à notre encadrante, **Madame Derias Fatma Zohra**, pour son précieux soutien, ses conseils avisés et son accompagnement tout au long de ce travail. Son encadrement a représenté pour nous un appui inestimable, tant sur le plan académique qu'humain.

Nous tenons également à remercier l'ensemble des enseignants du département pour la qualité de l'enseignement dispensé et leur accompagnement durant notre parcours universitaire.

Enfin, nous exprimons notre gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Merci infiniment.

DEDICACE

Nous dédions ce modeste mémoire à toutes les personnes chères à nos cœurs qui ont contribué, de près ou de loin, à sa réussite.

Après plusieurs années d'efforts, de travail et de persévérance, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude :

À nos mères,

Pour leur amour inconditionnel, leurs prières silencieuses, leurs sacrifices, leur douceur et leur présence dans chaque moment de doute. Elles ont été notre plus grande force et notre refuge dans les moments difficiles.

À nos pères,

Pour leurs efforts constants, leurs valeurs, leur soutien et tous les sacrifices qu'ils ont faits pour nous offrir un avenir meilleur. Nous espérons que ce travail soit à la hauteur de leurs attentes.

À nos frères et sœurs,

Pour leur affection, leur patience, leur soutien moral et leur amour fraternel qui nous ont accompagnés tout au long de ce parcours.

À nos meilleurs amis,

Pour leur loyauté, leur humour, leur soutien constant et leur présence dans les moments de joie comme dans les moments de doute.

À toute notre famille,

Pour leur encouragement et leur soutien inconditionnel tout au long de nos études.

Enfin, à toutes les personnes que nous avons rencontrées au fil des années, qui nous ont inspirés, soutenus, conseillés ou simplement cru en nous. Merci du fond du cœur.

Avec toute notre gratitude et notre affection.

Benhachlaf Fatima Zohra

Djeghim Tarek

Liste des abréviations et symboles :

AR6 : Sixth Assessment Report (Sixième Rapport d'Évaluation du GIEC)

CaSO₄ : Sulfate de calcium

CH₄ : Méthane

CO₂ : Dioxyde de carbone

CRSTRA : Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides

GEF : Global Environment Facility

GES : Gaz à Effet de Serre

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat

Google Earth : Application de cartographie et d'imagerie satellitaire

GPS : Système de Positionnement Global

ILR : Indicateur Liste Rouge

IPBES : Plateforme Intergouvernementale Scientifique et Politique sur la Biodiversité et les Services Écosystémiques

IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change

MedECC : Mediterranean Experts on Climate and Environmental Change

MedWet : Initiative pour les zones humides méditerranéennes

MEA : Millennium Ecosystem Assessment

N₂ : Diazote

NaCl : Chlorure de sodium

NO₃⁻ : NitrateMm : Millimètre

NASA : National Aeronautics and Space Administration

N₂O : Protoxyde d'azote

ONM : Office National de la Météorologie

Ramsar : Convention relative aux zones humides d'importance internationale

SO₂ : Dioxyde de soufre

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

UNEP : United Nations Environment Programme

WHO : World Health Organization

WMO : World Meteorological Organization

°C : Degré Celsius

Liste des figures :

Figure 1 : Fonte de la banquise dans l’océan Arctique due au changement climatique (Université de Leeds)

Figure 2 : Mécanisme de l’effet de serre

Figure 3 : Variations de l’activité solaire (taches solaires et cycle solaire de 11 ans)

Figure 4 : Éruption du volcan Mount Agung (Bali, 1963) et émission massive de cendres volcaniques dans l’atmosphère

Figure 5 : Activités économiques et industrielles et émissions de gaz à effet de serre (GIEC, 2021)

Figure 6 : Déforestation et destruction des forêts

Figure 7 : Évolution des anomalies de la température moyenne annuelle de surface en Europe (1900–2022)

Figure 8 : Carte mondiale de la vulnérabilité au changement climatique

Figure 9 : Biodiversité naturelle

Figure 10 : Les trois niveaux de la biodiversité

Figure 11 : Indicateurs de biodiversité

Figure 12 : Diversité des habitats et de l’environnement

Figure 13 : Illustration générale d’une zone humide (Petit Lac d’Oran)

Figure 14 : Rôle des zones humides dans le cycle de l’eau

Figure 15 : Flamants roses dans une zone humide méditerranéenne

Figure 16 : Cycle du carbone

Figure 17 : Fonctions écologiques et services écosystémiques des zones humides

Figure 18 : Effet de l’augmentation des températures sur l’évaporation et l’assèchement des zones humides

Figure 19 : Dégradation d’une zone humide

Figure 20 : Stress hydrique et raréfaction des ressources en eau en région méditerranéenne

Figure 21 : localisation géographique simplifiée du Petit Lac d’Oran (Dhayet Morsli)

Figure 22 : Localisation des points d’échantillonnage au Petit Lac d’Oran (Google Earth)

Figure 23 : Observations environnementales au niveau du site

Figure 24 : Site du Petit Lac d’Oran lors de la sortie de février 2026

Figure 25 : Site du Petit Lac d’Oran lors de la sortie de mai 2026

Figure 26 : Inventaire de la flore : collecte et observation in situ

Figure 27 : Installation des pièges de Barber

Figure 28 : Récupération des pièges et inventaire de l'entomofaune

Figure 29 : Prélèvement et transport des échantillons vers le laboratoire

Figure 30 : Séparation et analyse des échantillons (sol, eau et plantes) au laboratoire

Figure 31 : Espèces végétales présentes dans la zone d'étude

Figure 32 : Espèces d'arthropodes identifiées dans la zone humide

Figure 33 : Quelques manifestations de la pollution et des perturbations anthropiques dans la région

Figure 34 : Flamants roses observés dans les zones humides (image illustrative)

Figure 35 : Évolution des températures moyennes (1996–2026)

Figure 36 : Évolution des précipitations (1996–2026)

Figure 37 : Évolution de l'humidité relative (1996–2005)

Figure 38 : Échantillons d'eau prélevés au niveau des différentes zones du Petit Lac d'Oran pour les analyses physico-chimiques

Figure 39 : Évolution de l'évaporation hivernale et estivale enregistrée entre 1996 et 2005 au niveau de la station météorologique d'Oran Es-Sénia

Figure 40: Présence de déchets plastiques et de morceaux de verre au niveau du Petit Lac d'Oran

Figure 41 : Présence de remblais et de dépôts de gravats sur Petit lac d'Oran

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Principaux résultats relatifs à la distribution et à l'écologie des oiseaux d'eau (Nedjah & Samraoui, 2018)

Tableau 2 : Inventaire des zones humides

Tableau 3 : Paramètres climatiques étudiés

Tableau 4 : Coordonnées géographiques des points d'étude

Tableau 5 : Températures moyennes annuelles

Tableau 6 : L'analyse saisonnière des températures met en évidence des contrastes thermiques importants

Tableau 7 : Précipitations annuelles

Tableau 8 : La répartition saisonnière des précipitations montre une concentration des pluies durant l'hiver et l'automne

Tableau 9 : Humidité relative moyenne

Tableau 10 : Les moyennes saisonnières de l'humidité relative sont les suivantes

Tableau 11 : Inventaire de la flore dans la zone d'étude 1 :

Tableau 12 : Inventaire de la flore dans la zone d'étude 2 ;

Tableau 13 : Inventaire de la flore dans la zone d'étude 3 :

Tableau 14 : Inventaire de la faune entomologique (première sortie)

Tableau 15 : Inventaire de la faune entomologique (deuxième sortie)

Tableau 16 : Variation des températures hivernales enregistrées entre 1996 et 2026 au niveau de la station météorologique d'Oran Es-Sénia

Tableau 17 : Variation des températures Estivales enregistrées entre 1996 et 2026 au niveau de la station météorologique d'Oran Es-Sénia

Tableau 18 : Variation des précipitations hivernales et estivales enregistrées entre 1996 et 2026 au niveau de la station météorologique d'Oran Es-Sénia

Tableau 19 : Variation de l'humidité hivernale et estivale enregistrée entre 1996 et 2005 au niveau de la station météorologique d'Oran Es-Sénia

Tableau 20 : Variation de l'évaporation hivernale et estivale enregistrée entre 1996 et 2005 au niveau de la station météorologique d'Oran Es-Sénia

Tableau 21 : Variation des paramètres physico-chimiques des eaux du Petit Lac d'Oran au niveau des différentes zones étudiées

Résumé :

Les zones humides constituent des écosystèmes d'une grande valeur écologique, jouant un rôle essentiel dans le maintien de la biodiversité, la régulation hydrologique et l'équilibre climatique. Cependant, ces milieux sont aujourd'hui fortement menacés par les effets du changement climatique ainsi que par l'intensification des pressions anthropiques.

Le présent travail vise à évaluer l'impact du changement climatique sur la biodiversité du Petit Lac d'Oran (Dhayet Morsli), une zone humide d'importance écologique située dans l'ouest algérien. L'étude repose sur une approche combinant une analyse bibliographique, l'exploitation de données climatiques historiques, des sorties de terrain, des inventaires biologiques ainsi que des analyses physico-chimiques de l'eau.

Les investigations réalisées ont permis d'identifier une diversité floristique et entomologique représentative du site, ainsi que la présence d'une avifaune caractéristique des zones humides méditerranéennes. L'analyse des paramètres climatiques met en évidence un contexte marqué par des températures élevées, une irrégularité des précipitations et une augmentation de l'évaporation, facteurs susceptibles d'affecter le fonctionnement écologique de l'écosystème. Par ailleurs, plusieurs formes de dégradation liées aux activités humaines ont été observées, notamment l'accumulation de déchets, les rejets polluants et la modification des habitats naturels.

Les résultats montrent que la combinaison des changements climatiques et des pressions anthropiques contribue à la fragilisation progressive du Petit Lac d'Oran, en influençant la qualité des habitats et la répartition de certaines espèces. Cette situation souligne la nécessité de mettre en œuvre des mesures de gestion durable, de conservation et de sensibilisation afin de préserver cet écosystème humide et les services écologiques qu'il fournit.

Mots-clés

- Changement climatique.
- Biodiversité.
- Zones humides.
- Petit Lac d'Oran (Dhayet Morsli).
- Pressions anthropiques.
- Écosystème méditerranéen.
- Dégradation écologique.
- Conservation.

Abstract :

Wetlands are among the most valuable ecosystems due to their essential role in maintaining biodiversity, regulating hydrological processes, and supporting climate balance. However, these environments are increasingly threatened by the effects of climate change and growing anthropogenic pressures.

This study aims to assess the impact of climate change on the biodiversity of the Petit Lac d'Oran (Dhayet Morsli), a wetland of significant ecological importance located in western Algeria. The research is based on a multidisciplinary approach combining a literature review, analysis of historical climatic data, field surveys, biological inventories, and physicochemical analyses of water samples.

The investigations carried out enabled the identification of a representative floristic and entomological diversity, as well as the presence of characteristic bird species associated with Mediterranean wetlands. The analysis of climatic parameters revealed conditions marked by high temperatures, irregular rainfall patterns, and increased evaporation, all of which may affect the ecological functioning of the ecosystem. In addition, several forms of environmental degradation linked to human activities were observed, including waste accumulation, pollutant discharges, and habitat alteration.

The results indicate that the combined effects of climate change and anthropogenic pressures contribute to the progressive degradation of the Petit Lac d'Oran, influencing habitat quality and the distribution of certain species. These findings highlight the urgent need for sustainable management practices, conservation measures, and environmental awareness initiatives to preserve this fragile wetland ecosystem and the ecological services it provides.

Keywords :

- Climate Change.
- Biodiversity.
- Wetlands.
- Petit Lac d'Oran (Dhayet Morsli).
- Anthropogenic Pressures.
- Mediterranean Ecosystem.
- Ecological Degradation.
- Conservation.

Sommaire

.....	1
Introduction générale :	14
Chapitre 01 :	15
Revue de littérature sur le changement climatique et ses impacts sur la biodiversité des zones humides en milieux arides et méditerranéens.	15
I. Changement climatique :	16
I.1. Définition du changement climatique :	16
I.2 Le phénomène de l'effet de serre :	17
I.3 Les causes du changement climatique :	18
I.3.1 Facteurs naturels :	18
I.3.2. Facteurs anthropiques (activités humaines) :	19
I.4.1. Effets globaux du changement climatique :	21
I.4.1.1 Effets environnementaux :	21
I.4.1.2 Effets sur les écosystèmes et la biodiversité :	22
I.4.1.3 Effets sur la santé et la société :	22
I.4.1.4 Effets économiques et ressources :	22
I.4.2. Effets régionaux du changement climatique :	23
I.4.2.1 Inégalités géographiques des impacts :	23
I.4.2.2 Vulnérabilité des populations, limites d'adaptation et effets urbains :	23
II. Biodiversité :	24
II.1. Définition de la biodiversité :	24
II.2. Les enjeux de la biodiversité :	25
II.3. Concepts clés (espèces, écosystèmes, services écosystémiques) :	25
II.4. Indicateurs de biodiversité :	26
II.4.1 Définition et importance :	26
II.4.2. Classification des indicateurs :	26
II.4.3 Limites des indicateurs de biodiversité :	28
II.4.4 Application dans les zones humides : exemple de l'Algérie :	28
III. Zones humides et leur importance écologique :	29
III.1 Définition :	29
III.2 Fonctions écologiques et services rendus :	30
III.2.1 Fonctions hydrologiques :	30
III.2.2 Fonctions biogéochimiques :	31
III.2.3 Fonctions écologiques et biologiques :	32
III.2.4 Régulation climatique :	33

III.2.5 Services socio-économiques :	34
III.3 Vulnérabilité des zones humides face au changement climatique :	35
III.3.1 Perturbations du régime hydrologique :	35
III.3.2 Augmentation des températures et évaporation :	35
III.3.3 Salinisation et dégradation physico-chimique :	37
III.3.4 Perte de biodiversité et déséquilibres écologiques :	37
III.3.5 Effets cumulatifs des pressions anthropiques :	38
IV. Impacts des changements climatiques sur les écosystèmes dans les zones humides : revue d'études :	39
IV.1 Dégradation du biotope :	39
IV.2 Dégradation de la biocénose :	40
IV.2.1 Impacts sur la flore et les habitats :	40
IV.2.2 Impacts sur la faune (oiseaux, poissons, amphibiens) :	40
IV.2.3 Interactions entre la faune et la flore :	41
IV.2.4 Impacts sur les fonctions écologiques :	41
IV.2.5 Effets combinés du climat et des activités humaines :	41
V. Cas des zones méditerranéennes arides et semi-arides :	41
V.1 Contraintes climatiques spécifiques :	43
V.2 Sensibilité accrue des écosystèmes :	43
V.3 Cas de l'Algérie :	44
CHAPITRE 02 :	45
Présentation du site d'étude.	45
I. Présentation du site d'étude : Petit Lac d'Oran (Dhayet Morsli) :	46
I.1 Localisation géographique et caractéristiques physiques :	46
I.2 la vulnérabilité face aux changements climatiques :	47
I.3 Écosystèmes et habitats présents :	48
I.4 Importance socio-économique et culturelle :	48
I.4.1 Importance écologique et scientifique :	48
I.4.3 Importance économique potentielle :	48
I.4.3 Importance sociale	49
Propositions :	49
I.4.4 Importance culturelle et patrimoniale	49
Chapitre 03 :	50
Matériels et méthodes.	50
I. Méthodologie générale de l'étude (description) :	51
II. Collecte des données climatiques :	51

II.1 Sources de données (stations météorologiques, reanalyses, satellites) :	53
II.1.1 Stations météorologiques :	53
II.1.2. Données satellitaires et outils géographiques :	53
II.1.3. Observations de terrain :	54
II.2 Période d'analyse :	54
III. Inventaire de la biodiversité :	56
III.1 Méthodes d'échantillonnage (faune, flore, avifaune...) :	56
III.1.1 Échantillonnage de la flore :	56
III.1.2. Échantillonnage de la faune et de l'entomofaune :	57
III.1.3. Échantillonnage de l'avifaune :	58
III.1 .4 Travail de laboratoire et documentation :	58
III.1.5. Protocole général de terrain :	59
III.2 Protocoles d'identification et de suivi :	59
IV. Indicateurs d'impact :	62
IV.1 Indices climatiques (T°, précipitations, sécheresse, etc.) :	62
IV.1.1 Température moyenne :	63
IV.1.2. Précipitations :	65
IV.1.4. Analyse des périodes de sécheresse :	68
IV.1.5 Interprétation climatique générale :	68
IV.2 Indices de biodiversité (richesse, abondance, diversité) :	69
IV.2.1 Richesse spécifique :	69
IV.2.2. Abondance des espèces :	69
IV.2.3. Diversité biologique :	69
VI. Outils d'analyse statistique et modélisation :	69
V.1 Logiciels et traitements des données :	70
V.2 Modélisation mathématique :	70
Chapitre 04 :	72
Résultats et discussion.....	72
I. Inventaire de la biodiversité :	72
I.1 Inventaire des espèces végétales (flore) selon les zones d'étude :	73
I.2. Inventaire et analyse de la faune entomologique selon les zones d'étude :	84
I.2.1 Résultats de l'inventaire entomologique – première sortie :	90
I.2.2 Résultats de l'inventaire entomologique de la deuxième sortie :	95
II. Indicateurs d'impact :	96
II.1 Impact des facteurs climatiques :	96
II.1.1 Température :	97

II.1.2. Précipitations :	100
II.1.3. Humidité :	103
II.1.4. Évaporation :	104
III. Paramètres physico-chimiques de l'eau :	106
III.1 PH :	107
III.2 Conductivité :	108
III.3 Oxygène dissous :	109
III.4 Taux de saturation en oxygène (%O ₂) :	110
III.5 Huiles et graisses :	111
III.6 Hydrocarbures totaux :	111
III.7 Phosphore total (PT) :	112
III.8 Demande Chimique en Oxygène (DCO) :	113
III.9 Conclusion des paramètres physico-chimiques :	114
IV. Impact des déchets et des perturbations anthropiques :	115
V. Discussion générale :	117
VI. Recommandations :	119
VII. Conclusion générale :	120
VIII. Références :	121

Introduction générale :

Le changement climatique, c'est sans doute l'un des plus grands défis environnementaux de notre époque. Concrètement, ça se traduit par une hausse des températures, des pluies de plus en plus imprévisibles et des phénomènes climatiques extrêmes qui deviennent plus fréquents. Tout cela a des conséquences importantes sur les écosystèmes naturels et la biodiversité, comme le souligne l'IPCC (2023).

Les zones humides font partie des milieux les plus sensibles à ces changements, parce qu'elles dépendent fortement des conditions hydrologiques et climatiques. Pourtant, elles jouent un rôle essentiel : elles régulent le cycle de l'eau, participent à la purification des milieux aquatiques et abritent une biodiversité riche et variée. D'après la Convention de Ramsar (2021), ces écosystèmes sont indispensables, mais ils sont aujourd'hui fortement menacés par la dégradation, la pollution et la réduction de leur superficie à l'échelle mondiale.

Si on a choisi ce sujet, c'est parce que les zones humides sont à la fois très importantes pour l'équilibre écologique et de plus en plus fragilisées par les pressions climatiques et humaines. L'UNEP (2020) rappelle d'ailleurs que la perte de biodiversité est directement liée à la destruction des habitats, à la pollution et au changement climatique. Le Petit Lac d'Oran est un cas intéressant à étudier, vu la diversité biologique qu'il contient et les signes de dégradation qu'on peut observer sur le terrain.

Lors des sorties de terrain, on a observé plusieurs indices de perturbation : des déchets plastiques, des rejets d'eaux usées, des odeurs fortes et une végétation qui se dégrade progressivement. Tout cela montre que cet écosystème fragile subit une pression importante.

La question centrale de cette étude est donc la suivante : quel est l'impact du changement climatique sur la biodiversité des zones humides, et plus précisément sur celle du Petit Lac d'Oran ?

L'objectif principal de ce travail, c'est d'évaluer cet impact. Plus concrètement, il s'agit d'identifier les espèces de flore et d'insectes présentes, d'analyser les différentes formes de dégradation observées et de comprendre comment les conditions environnementales influencent la diversité biologique.

On a posé comme hypothèses que le changement climatique accélère la dégradation des zones humides, que la biodiversité du Petit Lac d'Oran est affectée par la pollution et les variations de l'environnement, et que les activités humaines aggravent encore cette situation.

L'étude a été réalisée au niveau du Petit Lac, situé dans la wilaya d'Oran, au nord-ouest de l'Algérie. Elle s'est déroulée en 2026 à travers plusieurs sorties de terrain afin d'observer et d'analyser cet écosystème.

Enfin, ce mémoire est structuré en cinq parties : une introduction générale, une revue de littérature, une présentation du site d'étude, la méthodologie, puis les résultats et la discussion.

Chapitre 01 :

Revue de littérature sur le changement climatique et ses impacts sur la biodiversité des zones humides en milieux arides et méditerranéens.

I. Changement climatique :

I.1. Définition du changement climatique :

Le dictionnaire Larousse définit le climat comme l'ensemble des phénomènes météorologiques qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu donné. Le terme « changement » signifie le passage d'un état à un autre ou une modification d'une situation.

Ainsi, le changement climatique correspond à une modification durable des conditions climatiques d'une région ou de l'ensemble de la Terre, qui s'inscrit dans la durée.

D'après les Nations Unies, ce phénomène peut être naturel. La température, les précipitations et le vent peuvent varier sur des décennies, voire davantage. La Terre a connu, au cours de son histoire, des périodes beaucoup plus chaudes et beaucoup plus froides qu'aujourd'hui. Cependant, le problème actuel est que nous assistons à un réchauffement très rapide, principalement causé par les activités humaines. En effet, la combustion du pétrole, du gaz et du charbon libère des gaz à effet de serre qui retiennent la chaleur dans l'atmosphère.

Enfin, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC/IPCC) définit le changement climatique comme une transformation profonde et durable du système climatique terrestre. Celui-ci affecte l'atmosphère, les océans, la cryosphère (les zones de glace) et la biosphère (l'ensemble des êtres vivants). Il en résulte des perturbations des températures et des précipitations, des changements dans la circulation des vents, ainsi qu'une augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes extrêmes canicules, tempêtes et inondations qui deviennent de plus en plus fréquents et violents (IPCC, 2021).

Ainsi, le changement climatique ne se réduit pas à un simple réchauffement global, mais correspond à une altération systémique du climat terrestre, aux conséquences multiples sur les équilibres environnementaux et avant il faut comprendre pourquoi la terre se réchauffe.



Figure 1: Fonte de la banquise dans l'océan arctique due au changement climatique.

(Volki / Adobe Stock, via CORDIS – Commission européenne (2024))

I.2 Le phénomène de l'effet de serre :

L'effet de serre est un phénomène naturel par lequel une partie du rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre et l'atmosphère est retenue par les gaz à effet de serre et les nuages, contribuant ainsi au réchauffement de la planète.

La Terre reçoit tout le temps de l'énergie du Soleil. Une partie est renvoyée directement vers l'espace par l'atmosphère, les nuages et la surface terrestre. Le reste est absorbé par les sols et les océans, ce qui les réchauffe.

Ensuite, la surface de la Terre et l'atmosphère émettent un rayonnement infrarouge : plus la température est élevée, plus ce rayonnement est intense. Une partie de ce rayonnement est absorbée par les gaz à effet de serre et les nuages c'est ce qu'on appelle l'effet de serre. Le reste s'échappe vers l'espace. Ainsi, la température moyenne de la Terre dépend d'un équilibre entre l'énergie solaire reçue et celle réémise.

Cependant, les activités humaines ont fortement augmenté la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Par conséquent, la chaleur est davantage retenue, et le rayonnement infrarouge a plus de difficulté à s'échapper vers l'espace. Il en résulte un réchauffement de la planète afin de rétablir un nouvel équilibre énergétique. C'est ce phénomène que l'on appelle le réchauffement climatique, observé depuis plusieurs décennies. Il est principalement dû à l'activité humaine, même si certains facteurs naturels peuvent également intervenir (Ministère de la Transition écologique, s. d.).

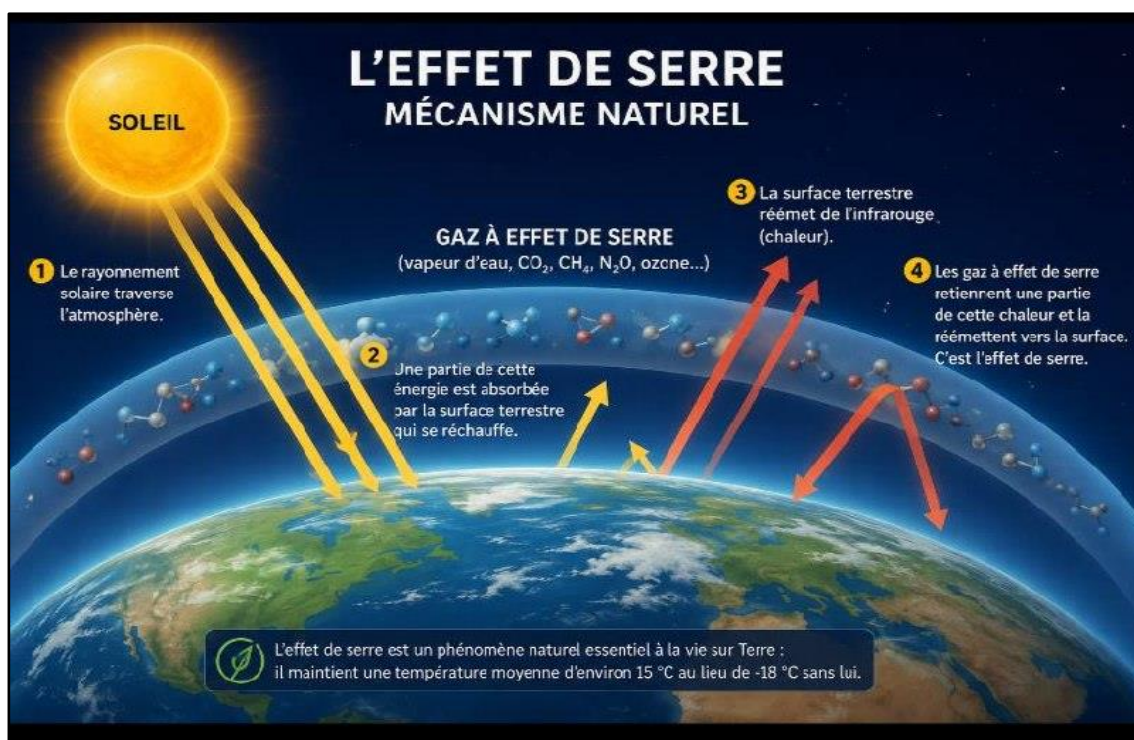


Figure 2 : Le mécanisme de l'effet de serre.

(Image générée par intelligence artificielle).

I.3 Les causes du changement climatique :

Le changement climatique est lié à la fois à des causes naturelles et humaines. Cependant, depuis le XIX^e siècle, le réchauffement observé est surtout lié aux activités humaines (Météo-France, 2025).

Concrètement, la combustion des combustibles fossiles libère une grande quantité de gaz à effet de serre. Cela perturbe le bilan énergétique de la Terre, ce qui entraîne une augmentation progressive des températures dans l'atmosphère et les océans.

Bien que les phénomènes naturels tels que l'activité solaire et les éruptions volcaniques puissent influencer le climat, leur impact reste limité par rapport aux activités humaines actuelles (United Nations, 2025).

I.3.1 Facteurs naturels :

Les facteurs naturels influencent le climat de la Terre, mais leur impact est aujourd'hui considéré comme limité et insuffisant pour expliquer le réchauffement global actuel.

I.3.1.1 Variations de l'activité solaire :

Les variations de l'activité solaire sont liées à des changements périodiques du champ magnétique du Soleil, notamment le cycle de 11 ans (Lean, 2017). Cependant, la variation de l'irradiance solaire totale ne dépasse pas 0,1 % (GIEC, 2021), ce qui est insuffisant pour expliquer le réchauffement rapide observé depuis les années 1970 (GIEC, 2021)

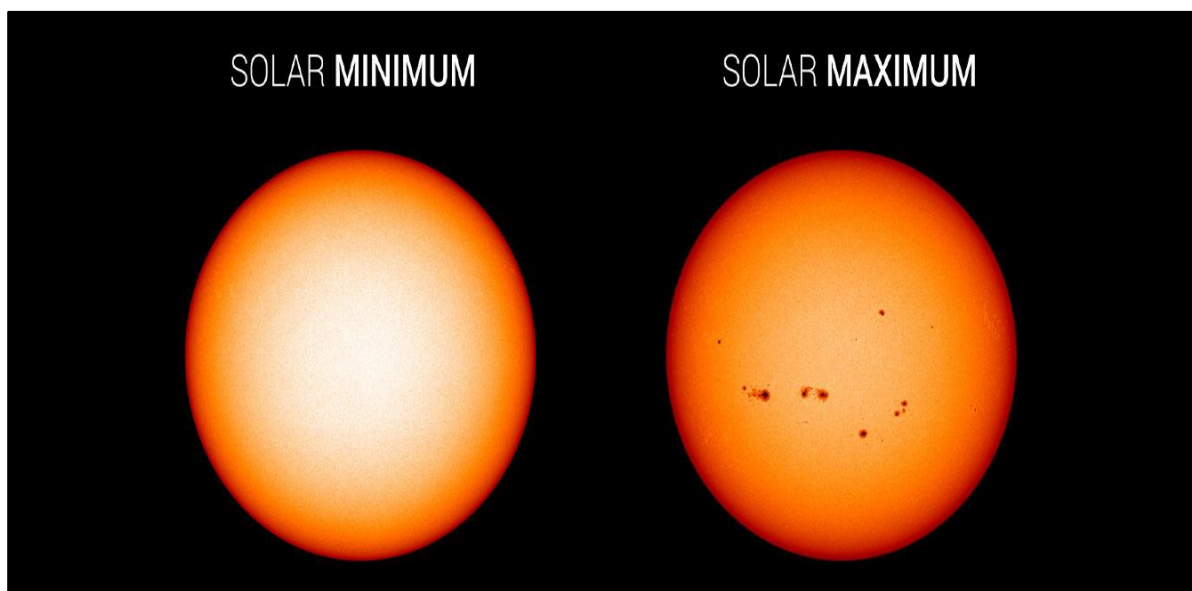


Figure 3 : Variations de l'activité solaire (taches solaires et cycle solaire de 11 ans).

(NASA – Solar Dynamics Observatory)

I.3.1.2 Éruptions volcaniques :

À l'inverse, les éruptions volcaniques importantes peuvent provoquer un refroidissement temporaire du climat (Robock 2000). Par exemple, lors de l'éruption du mont Agung (Bali, 1963), environ 10 millions de tonnes de SO_2 ont été rejetées dans la stratosphère (Self & Ramino, 1988). Cela a entraîné la formation d'aérosols sulfuriques qui ont réduit le rayonnement solaire et provoqué une baisse de la température mondiale d'environ 0,2 à 0,4 °C pendant environ deux ans (Hansen et al., 1978 ; Robock, 2000).

Toutefois, les températures ont rapidement repris leur tendance à la hausse sous l'effet des émissions humaines (GIEC, 2021).



Figure 4 : Éruption du volcan Mount Agung (Bali, 1963) et émission massive de cendres volcaniques dans l'atmosphère.

I.3.2. Facteurs anthropiques (activités humaines) :

Les activités humaines constituent la principale cause du changement climatique actuel. Depuis la révolution industrielle, elles ont entraîné une augmentation importante des gaz à effet de serre (GES), notamment le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O).

Selon le IPCC (2021), les activités humaines sont responsables du réchauffement climatique observé depuis le milieu du XXe siècle, avec un niveau de certitude très élevé. La combustion des combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel) dans les secteurs de l'énergie, du transport et de l'industrie représente la principale source mondiale d'émissions de CO_2 , soit environ 75 % des émissions de gaz à effet de serre liées à l'énergie.

L'agriculture, la déforestation et l'élevage contribuent également de manière significative, représentant environ 10 à 15 % des émissions mondiales annuelles.

I.3.2.1 Activités économiques et industrielles :

Les activités économiques et industrielles regroupent la production d'énergie, les transports, les activités industrielles et les bâtiments.

1. La combustion des énergies fossiles produit principalement du CO₂.
2. Les transports (voitures, camions, avions, navires) émettent du CO₂.
3. Les bâtiments consomment de l'énergie pour le chauffage et la climatisation, générant également des émissions de CO₂.
4. Les industries manufacturières utilisent de grandes quantités d'énergie fossile et contribuent fortement aux émissions globales.

(NASA (ou National Aeronautics and Space Administration), 2023; United Nations, s. d.) Activités économiques et industrielles et émissions de gaz à effet de serre.



Figure 5 :Activités économiques et industrielles et émissions de gaz à effet de serre (GIEC 2021).

I.3.2.2 Agriculture, élevage et déforestation :

1. La déforestation entraîne la libération du CO₂ stocké dans les arbres et réduit la capacité d'absorption des forêts.
2. L'élevage des bovins et des ovins produit du CH₄ (méthane).
3. L'utilisation des engrais chimiques et du fumier émet du N₂O (protoxyde d'azote).
4. L'expansion agricole contribue à la réduction des surfaces forestières

(NASA (ou National Aeronautics and Space Administration), 2023; United Nations, s. d.).



Figure 6 : Déforestation et destruction des forêts.

(Sustainable Business Magazine)

I.4.1. Effets globaux du changement climatique :

I.4.1.1 Effets environnementaux :

-Augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes (vagues de chaleur, fortes précipitations, sécheresses, incendies de forêt).

-Fonte accélérée du permafrost, des glaciers de montagne, de la glace de mer arctique et des calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique.

-Augmentation des événements climatiques extrêmes, notamment les vagues de chaleur. En Europe, les températures ont augmenté rapidement depuis les années 1980, à un rythme supérieur à la moyenne mondiale. En 2022, plusieurs régions européennes ont enregistré des températures largement supérieures à la moyenne, favorisant les canicules, les incendies de forêt et les impacts sur la santé humaine (World Meteorological Organization (WMO), 2023)

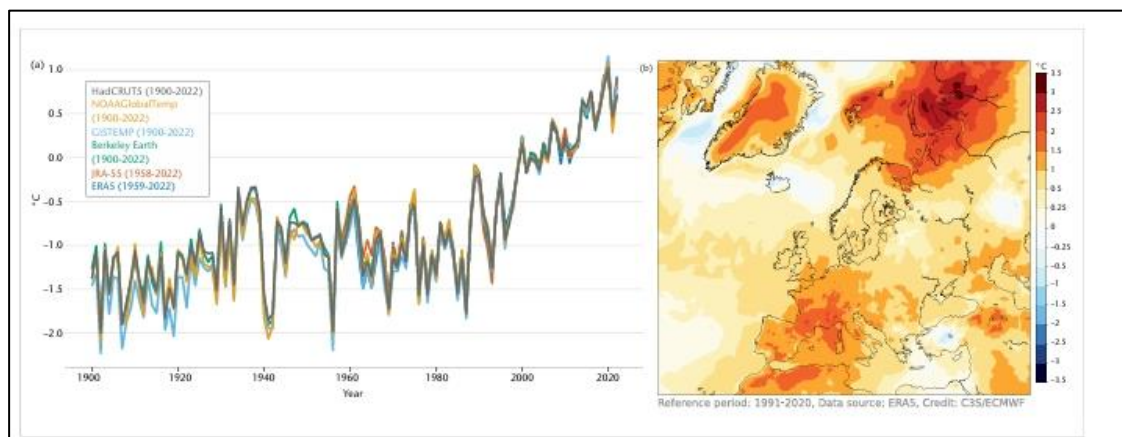


Figure 7 : Évolution des anomalies de la température moyenne annuelle de surface en Europe (1900–2022). (Europe , 2022)

I.4.1.2 Effets sur les écosystèmes et la biodiversité :

-Impacts négatifs généralisés sur les écosystèmes notamment la perturbation des habitats naturels et la diminution de la biodiversité. Par exemple, le réchauffement des eaux et la hausse des températures terrestres provoquent le déplacement ou la disparition de certaines espèces sensibles, ce qui déséquilibre les chaînes alimentaires et les écosystèmes (IPCC, 2023).

- Perturbation des systèmes naturels et des équilibres écologiques, en modifiant les conditions climatiques auxquelles les écosystèmes sont adaptés. Cela entraîne des changements dans les cycles biologiques, la répartition des espèces et le fonctionnement des habitats naturels. Par exemple, le réchauffement des températures peut déséquilibrer les chaînes alimentaires dans les milieux marins et terrestres (IPCC, 2023).

-Risque accru de perte de biodiversité surtout lorsque certaines limites critiques ou seuils de température sont dépassés. Au-delà de ces seuils, de nombreuses espèces ne peuvent plus s'adapter ou migrer, ce qui peut conduire à leur disparition locale ou totale, notamment dans les écosystèmes sensibles comme les récifs coralliens ou les zones polaires (IPCC, 2023).

I.4.1.3 Effets sur la santé et la société :

-Augmentation des maladies vectorielles transmises par les moustiques , en élargissant les zones où ces insectes peuvent survivre et se reproduire. Par exemple, l'augmentation des températures et l'humidité permet la propagation de maladies telles que le paludisme et la dengue dans de nouvelles régions auparavant non touchées (World Health Organization (WHO), 2023)

-Hausse de la mortalité liée aux vagues de chaleur.

-Crises humanitaires liées aux événements climatiques extrêmes.

-Impact global sur les populations humaines.

I.4.1.4 Effets économiques et ressources :

-Perturbation de l'activité économique.

-Réduction de la productivité agricole sur les dernières décennies.

-Impact sur l'accès à l'eau et à l'alimentation.

-Dégradation de la sécurité alimentaire et hydrique.

-Réduction de la disponibilité des ressources naturelles.

-Perturbation des systèmes de production agricole et halieutique.

I.4.2. Effets régionaux du changement climatique :

I.4.2.1 Inégalités géographiques des impacts :

-Les effets du changement climatique se manifestent de manière inégale selon les régions du monde. Certaines zones apparaissent particulièrement vulnérables, notamment l'Afrique, l'Asie du Sud, l'Amérique centrale et du Sud, ainsi que les petits États insulaires en développement et les régions arctiques. Cette disparité accentue les inégalités entre les régions et les populations (IPCC, 2023).

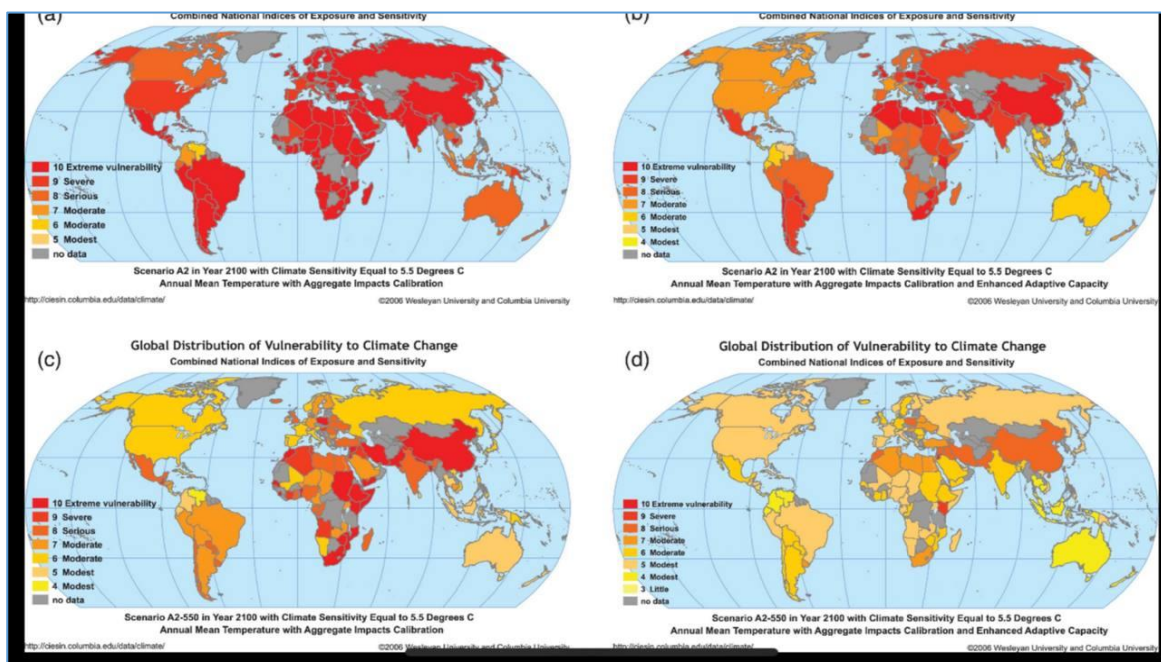


Figure 8 :Carte mondiale de la vulnérabilité au changement climatique(IPCC ,2023).

I.4.2.2 Vulnérabilité des populations, limites d'adaptation et effets urbains :

Les populations humaines sont déjà fortement exposées aux impacts du changement climatique. Selon le GIEC, environ 3,3 milliards de personnes vivent dans des contextes fortement vulnérables, où les capacités d'adaptation sont limitées (GIEC, AR6, 2023). Par ailleurs, les inégalités face aux risques climatiques sont marquées, puisque la mortalité liée aux événements extrêmes tels que les inondations, les tempêtes et les sécheresses est significativement plus élevée dans les régions les plus vulnérables.

Les zones urbaines sont particulièrement concernées par ces vulnérabilités, car elles concentrent aujourd'hui plus de la moitié de la population mondiale. Cette forte densité humaine, associée à l'intensification des activités économiques et à l'artificialisation des

sols, augmente l'exposition aux risques climatiques et complique les capacités d'adaptation.

Le rapport du GIEC indique également que certaines limites d'adaptation sont déjà atteintes, notamment dans certains systèmes naturels et zones particulièrement exposées, ce qui réduit la capacité à réduire efficacement les risques climatiques actuels (GIEC, AR6, 2023).

II. Biodiversité :

II.1. Définition de la biodiversité :

. La biodiversité désigne la diversité du vivant à toutes ses échelles, incluant les différentes formes de vie (faune, flore et microorganismes), les milieux naturels dans lesquels elles évoluent, ainsi que les interactions entre ces organismes et leur environnement. Elle résulte d'un processus évolutif de plusieurs milliards d'années qui a façonné la richesse biologique actuelle de la Terre (IPBES, 2019 ; Ministère de la Transition écologique).



Figure 9 : La biodiversité naturelle
(Cynthia Shirk, via Gardening Know How).

Elle s'organise autour de trois niveaux interdépendants :

- **Diversité des écosystèmes** : elle concerne l'ensemble des milieux de vie tels que les océans, les forêts, les sols et les microhabitats.
- **Diversité des espèces** : elle regroupe tous les organismes vivants, notamment les plantes, les animaux, les champignons, les bactéries ainsi que l'être humain.
- **Diversité génétique** : elle correspond aux variations génétiques entre les individus d'une même espèce.

L'interaction entre ces trois niveaux garantit le bon fonctionnement des écosystèmes et le maintien de l'équilibre de la biosphère (IPBES, 2019 ; Ministère de la Transition écologique)

II.2. Les enjeux de la biodiversité :

Selon l'IPBES (2019), la biodiversité représente un enjeu majeur pour l'humanité, car elle constitue le fondement du fonctionnement des écosystèmes et du bien-être humain. Elle permet de répondre à des besoins essentiels tels que l'alimentation, l'accès à l'eau potable, les ressources médicinales et les matières premières nécessaires aux activités humaines.

Elle joue également un rôle essentiel dans l'équilibre des écosystèmes, notamment à travers la régulation du climat, l'amélioration de la fertilité des sols, la pollinisation des cultures et la purification des eaux.

En outre, la biodiversité contribue à réduire les effets de certains risques naturels comme l'érosion et les inondations, tout en soutenant de nombreuses activités économiques telles que l'agriculture, la pêche, le tourisme et l'exploitation durable des ressources naturelles.

Au-delà de son rôle écologique et économique, elle possède également une dimension sociale et culturelle importante, en lien avec les modes de vie, les traditions et le bien-être des populations.

Enfin, elle renforce la résilience des écosystèmes, en leur permettant de mieux résister aux perturbations environnementales, notamment celles liées au changement climatique.

II.3. Concepts clés (espèces, écosystèmes, services écosystémiques) :

II.3.1 L'espèce : L'unité de base de la classification ; ce sont les organismes capables de se reproduire entre eux et de produire une descendance fertile (Cours de Mme Derias Fatma Zohra)

II.3.2. L'écosystème : Écosystèmes représentent des unités écologiques plus spécifiques. Ils incluent les interactions entre les communautés biologiques (biocénose) et le milieu physique (biotope) (Cours de Mme Derias Fatma Zohra)

Exemples : forêts de mangroves dans les zones tropicales, récifs coralliens dans les océans tropicaux, tourbières dans les zones tempérées, etc.

II.3.3 Les services écosystémiques : regroupent l'ensemble des bénéfices que l'être humain tire des écosystèmes, incluant les services d'approvisionnement, de régulation, culturels et de soutien (IPBES, 2019).

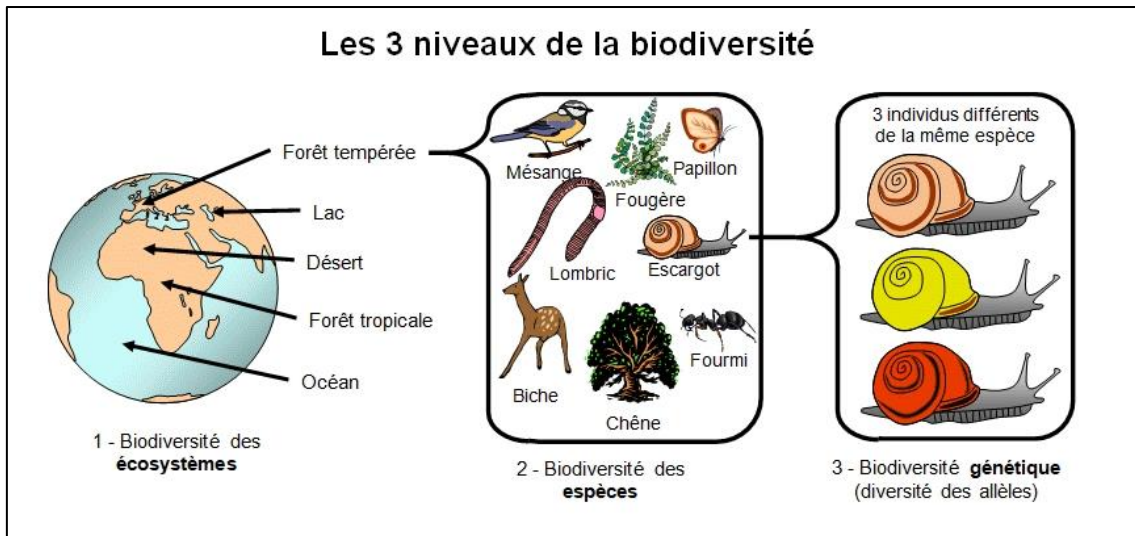


Figure 10 : Les trois niveaux de la biodiversité.

(Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf – Mila, s. d.)

II.4. Indicateurs de biodiversité :

II.4.1 Définition et importance :

L'évaluation de la biodiversité repose sur des indicateurs, qui permettent de mesurer, suivre et analyser l'état et l'évolution de la diversité biologique dans le temps et l'espace (IPBES, 2019). Ces outils sont essentiels pour orienter les politiques environnementales et évaluer l'efficacité des mesures de conservation.

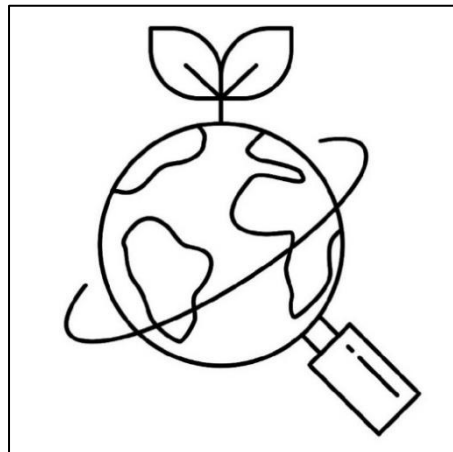


Figure 11 :indicateurs de biodiversité(Open IA,2026)

II.4.2. Classification des indicateurs :

II.4.2.1. Les indicateurs à paramètre unique vs les indicateurs composites :

Les indicateurs à paramètre unique reposent sur une seule variable, telle que la richesse spécifique (nombre total d'espèces présentes) ou l'abondance (nombre d'individus par espèce) (IPBES, 2019). Par exemple, le simple comptage du nombre d'espèces végétales dans une forêt constitue un indicateur à paramètre unique basé sur la richesse spécifique (IPBES, 2019).

En revanche, les indicateurs composites combinent plusieurs paramètres, notamment la richesse spécifique et l'abondance relative, afin de fournir une évaluation plus complète et plus fiable de la biodiversité (Magurran, 2004). Parmi ces indicateurs, l'indice de Shannon est largement utilisé pour mesurer la diversité biologique en tenant compte à la fois du nombre d'espèces et de leur répartition (Shannon, 1948; Magurran, 2004).

Il est défini par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$$

Où - S représente le nombre total d'espèces.

- p_i la proportion de chaque espèce dans l'échantillon (Shannon, 1948; Magurran, 2004).

Exemple, deux milieux peuvent présenter la même richesse spécifique, mais des répartitions différentes des individus, ce qui entraîne des valeurs différentes de l'indice

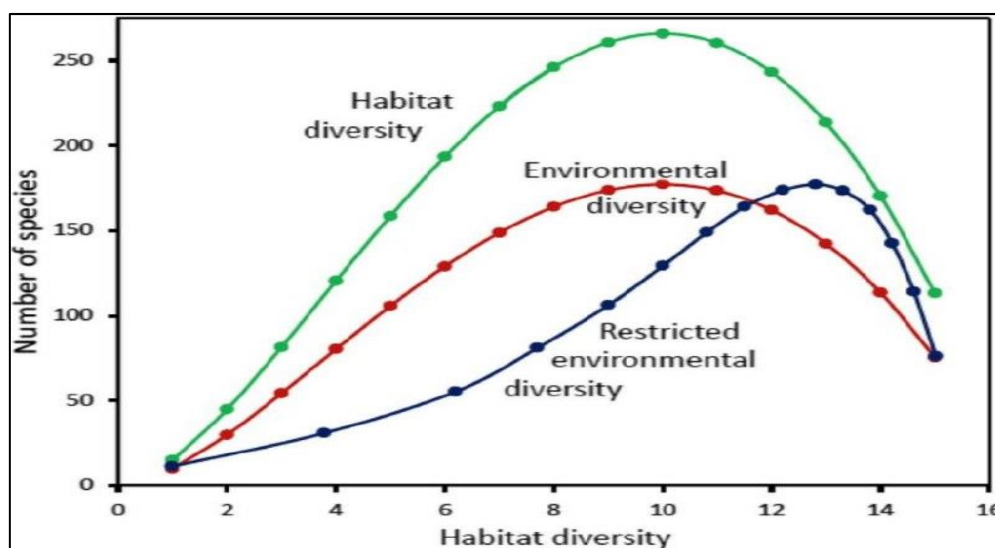


Figure 12 : Diversité des habitats et de l'environnement(Lamont & Pausas, 2024).

Exemples d'indicateurs composites : Liste Rouge UICN et ILR

Parmi les indicateurs composites les plus importants, la Liste Rouge de l'UICN permet de suivre les espèces selon leur niveau de menace (Vulnérable, En danger, En danger critique). L'Indicateur Liste Rouge (ILR) est un indicateur composite basé sur l'évolution

des statuts des espèces au fil du temps (UICN, 2024). Selon l'IPBES (2019), environ un quart des espèces évaluées sont menacées d'extinction, ce qui témoigne d'un déclin rapide et préoccupant de Shannon (Magurran, 2004).

II.4.2.2. Indicateurs directs vs indicateurs indirects :

Les indicateurs directs reposent sur le suivi des espèces et des populations (oiseaux, mammifères, insectes) et permettent d'évaluer directement l'état de la biodiversité. À l'inverse, les indicateurs indirects sont basés sur les caractéristiques des habitats et des structures paysagères, telles que la fragmentation des milieux, la connectivité des écosystèmes ou la quantité de bois mort (IPBES, 2019 ; UNEP, 2022).

Par exemple, le suivi annuel des populations d'oiseaux d'eau dans les zones humides constitue un indicateur direct de la biodiversité, car il repose sur l'observation des espèces elles-mêmes et de leur abondance (BirdLife International, 2022 ; Wetlands International, 2020).

En revanche, l'analyse de la fragmentation des habitats forestiers à partir d'images satellitaires représente un indicateur indirect, puisqu'elle mesure la structure du paysage plutôt que les espèces directement (UNEP, 2022).

II.4.3 Limites des indicateurs de biodiversité :

Ces indicateurs composites présentent une limite majeure : ils évoluent principalement sur le long terme car ils reposent sur des processus d'extinction lents. Ils sont donc peu adaptés au suivi des changements rapides à court terme. Par ailleurs, les indicateurs indirects, bien que largement utilisés, ne reflètent pas toujours fidèlement la dynamique réelle des populations. Selon Gotelli & Colwell (2001), la plupart des indicateurs sont également sensibles à la taille de l'échantillon, ce qui rend difficile la comparaison entre différents sites.

II.4.4 Application dans les zones humides : exemple de l'Algérie :

Dans une étude menée par Bouchecker, Nedjah & Samraoui (2018) dans les zones humides de la région d'El Kala (nord-est de l'Algérie), l'indice de Shannon a été utilisé pour mesurer la diversité des communautés d'oiseaux d'eau. Les auteurs ont montré que la richesse spécifique et l'abondance varient significativement selon les saisons, soulignant l'importance d'un suivi à court terme pour détecter les changements rapides de la biodiversité.

Tableau 1 : Principaux résultats relatifs à la distribution et à l'écologie des oiseaux d'eau (Nedjah & Samraoui, 2018).

<i>Aspect étudié</i>	<i>Résultats principaux</i>
Espèces étudiées	Plusieurs oiseaux d'eau, notamment la mouette rieuse, la sterne pierregarin et la sterne naine
Répartition géographique	Les espèces sont concentrées principalement dans les zones humides du nord-est algérien, surtout El Kala et les sites côtiers
Sites de reproduction	Identification de sites de nidification importants dans les zones humides côtières et lagunaires
Importance écologique des zones humides	Les zones humides d'El Kala jouent un rôle clé comme habitat de reproduction et de refuge pour les oiseaux d'eau
Variabilité spatiale	Distribution inégale des espèces selon la disponibilité des habitats (eau, végétation, perturbations humaines)
Menaces observées	Perturbations humaines (urbanisation, pollution, dérangement) affectant la reproduction de certaines espèces
Conclusion générale	Les zones humides algériennes sont essentielles pour la conservation des oiseaux d'eau et nécessitent une protection renforcée

III. Zones humides et leur importance écologique :

III.1 Définition :

Les zones humides, c'est un peu la frontière entre la terre et l'eau. Parfois inondées en permanence, parfois juste de façon temporaire, elles sont marquées par la présence de l'eau qui conditionne tout leur fonctionnement. La Convention de Ramsar (1971) les définit comme « des étendues de marais, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles ». selon la Convention de Ramsar (1971)

À l'échelle mondiale, elles ne représentent que 6 % de la surface terrestre, et pourtant elles rendent des services essentiels. C'est aussi un véritable refuge pour la biodiversité

: près de 40 % des espèces dans le monde en dépendent, d'après le Millennium Ecosystem Assessment (2005).

Ces milieux sont aussi très productifs sur le plan biologique. Grâce à l'eau et aux nutriments qu'ils concentrent, ils permettent le développement de chaînes alimentaires complexes (Mitsch & Gosselink, 2015).

En Algérie, les zones humides jouent un rôle clé dans la protection de la biodiversité, surtout pour les oiseaux migrateurs paléarctiques qui y trouvent des lieux de halte et de reproduction (Samraoui & Samraoui, 2008)



Figure 13 : Illustration générale d'une zone humide (petit lac d'Oran)

III.2 Fonctions écologiques et services rendus :

Les zones humides assurent plein de fonctions écologiques vitales et offrent des services écosystémiques dont on ne pourrait pas se passer.

III.2.1 Fonctions hydrologiques :

Les zones humides, c'est un peu comme les éponges de la nature. Quand il pleut beaucoup ou qu'il y a des crues, elles absorbent des quantités énormes d'eau, puis la relâchent doucement pendant les périodes sèches. Résultat : ça limite les inondations et ça permet aux rivières de ne pas être à sec l'été (Office français de la biodiversité, 2020).

En plus, elles aident à recharger les nappes souterraines, parce que l'eau s'infiltre petit à petit dans le sol. C'est super important pour garder de l'eau disponible, surtout dans les régions arides ou semi-arides où l'eau se fait rare (Mitsch & Gosselink, 2015).

Et ce n'est pas tout : elles jouent aussi un rôle clé dans le grand cycle de l'eau. Stockage, infiltration, évaporation, retour vers les rivières et les nappes... elles sont partout. Grâce à elles, l'équilibre hydrique reste stable et les écosystèmes autour peuvent respirer tranquille.



Figure 14 : Schéma simplifié du rôle des zones humides dans le cycle de l'eau.

SYAGE. (2025). Cycle de l'eau perturbé : le rôle clé du SyAGE.

III.2.2 Fonctions biogéochimiques :

Les zones humides, c'est un peu comme les reins de notre environnement. Grâce à leur capacité naturelle à filtrer et transformer les polluants dans l'eau, elles jouent un rôle clé dans l'équilibre chimique de la planète. En gros, elles agissent comme des stations d'épuration naturelles : elles retiennent les excès de nutriments, comme l'azote et le phosphore, qui viennent souvent de l'agriculture, de l'industrie ou de nos activités domestiques (Mitsch & Gosselink, 2015).

Un des mécanismes les plus importants là-dedans, c'est la dénitrification. Ce processus est mené par des bactéries qui vivent dans les sols humides, là où il y a peu d'oxygène. Ces petites bêtes transforment les nitrates NO_3^- qui deviennent polluants quand ils sont trop nombreux – en azote gazeux N_2 , qui s'échappe ensuite tout naturellement dans l'air. Résultat : moins de nitrates dans l'eau, et une meilleure qualité de l'eau (MEA, 2005).

Ce processus de dénitrification est super important pour limiter l'eutrophisation. L'eutrophisation, c'est quand l'eau reçoit trop de nutriments (surtout azote et phosphore), ce qui fait exploser la population d'algues. Ces algues, en proliférant, pompent l'oxygène de l'eau, ce qui peut tuer les poissons et foutre en l'air tout l'équilibre écologique des milieux aquatiques.

Prenons un exemple concret : dans certaines zones humides qui reçoivent des eaux agricoles chargées en engrais azotés, les bactéries dénitrifiantes arrivent à éliminer une bonne partie des nitrates avant qu'ils n'atteignent les rivières ou les lacs. Du coup, les

zones humides aident à protéger les écosystèmes aquatiques de la pollution agricole et de la dégradation de la qualité de l'eau.

Et ce n'est pas tout : les zones humides participent aussi au stockage du carbone et à la transformation de la matière organique, ce qui renforce encore leur rôle dans l'équilibre écologique et la régulation des cycles naturels.

III.2.3 Fonctions écologiques et biologiques :

Les zones humides, c'est un peu des havres de paix pour une foule d'espèces animales et végétales. Avec l'eau qui est là tout le temps ou qui va et vient selon les saisons, ces endroits deviennent parfaits pour se nourrir, se reproduire ou simplement trouver un abri. On y croise des oiseaux aquatiques, des amphibiens, des poissons, et même des plantes qui adorent les sols détrempés (UICN, 2018).

Ces écosystèmes sont aussi super importants pour garder la biodiversité en bonne santé. Ce sont des zones de transition où la nourriture et les habitats ne manquent pas. Les roseaux et les plantes halophytes, par exemple, offrent des cachettes et des coins pour nicher à tout un tas d'espèces.

En Algérie, les zones humides ont un rôle encore plus spécial pour les oiseaux migrateurs paléarctiques qui traversent la Méditerranée au fil des saisons (Samraoui & Samraoui, 2008). Parmi les stars qu'on peut observer, il y a le flamant rose, ce grand échassier qu'on repère de loin. Il aime traîner dans les lacs et les marais où l'eau est peu profonde et où il trouve à manger : des petits crustacés et des algues.

Le flamant rose fait des allers-retours entre le Sud de l'Europe, l'Afrique du Nord et parfois plus bas vers le Sahara. L'hiver, des centaines d'entre eux débarquent dans les zones humides algériennes pour profiter du climat doux et de la bouffe abondante. Quand les températures remontent et que l'eau change, ils repartent vers d'autres coins pour se reproduire ou continuer leur voyage.

Ces zones humides algériennes sont donc des étapes clés, des refuges indispensables pour ces oiseaux. Si on les abîme, ça peut foutre en l'air leurs routes migratoires et mettre en danger pas mal d'espèces.

Et puis, au-delà de ça, les zones humides aident à maintenir les chaînes alimentaires et l'équilibre général de la nature, grâce à toutes les interactions entre les plantes et les animaux qui y vivent.



Figure 15 : Flamants roses dans une zone humide méditerranéenne.

(Tour du Valat, Flamant rose, Centre de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes)

III.2.4 Régulation climatique :

Les zones humides, c'est un peu les super-héros méconnus du climat. Elles jouent un rôle clé, que ce soit à l'échelle de ton quartier ou de la planète entière. Pour faire simple, ce sont de véritables réservoirs naturels de carbone. Grâce à leurs sols et à leur végétation, elles emmagasinent des quantités énormes de matière organique (GIEC, 2021).

Pourquoi ça marche si bien ? Parce que l'eau qui stagne dans ces zones limite l'oxygène dans le sol, ce qui ralentit la décomposition de la matière organique. Résultat : le carbone s'accumule tranquillement sur le long terme. En gros, les zones humides agissent comme des « puits de carbone » : elles captent et retiennent le CO₂ présent dans l'air.

Ce processus aide à réduire les gaz à effet de serre qui réchauffent la planète. D'ailleurs, des études montrent que les sols des zones humides stockent proportionnellement plus de carbone que beaucoup d'autres écosystèmes terrestres (MEA, 2005). Et ce n'est pas tout : les plantes qui y poussent absorbent du CO₂ pendant la photosynthèse pour fabriquer leur matière organique. Une fois les plantes mortes, une partie de ce carbone reste piégée dans les sols humides, renforçant encore leur rôle dans le cycle du carbone.

Mais attention, tout n'est pas rose. Si les zones humides se dégradent ou s'assèchent à cause du changement climatique ou des activités humaines — le carbone stocké peut s'échapper dans l'atmosphère sous forme de gaz à effet de serre, comme le CO₂ ou le méthane (CH₄). Et là, ça risque d'accélérer le réchauffement climatique.

Au-delà du stockage de carbone, les zones humides aident aussi à réguler le climat local. Grâce à l'évaporation et à la présence d'eau, elles maintiennent un microclimat plus humide et adoucissent les variations de température.

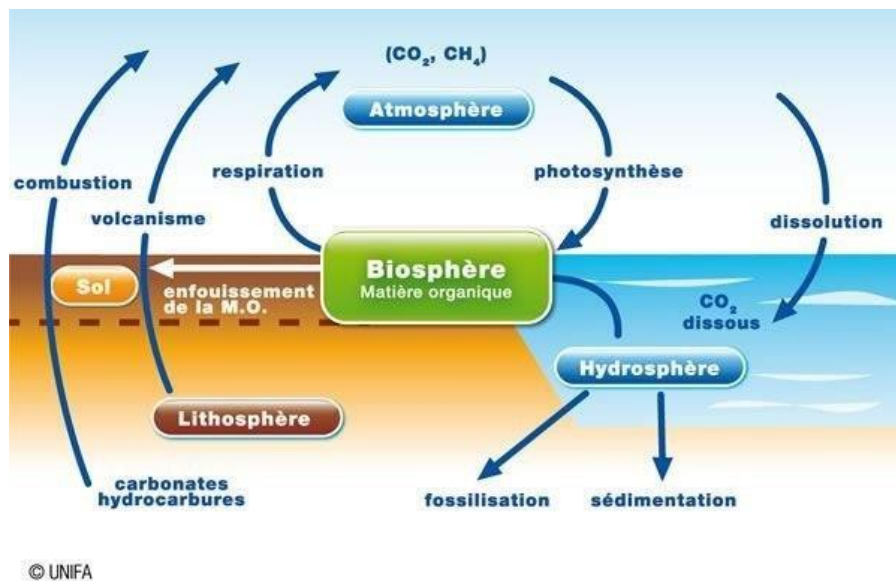


Figure 16 : le cycle du carbone

UNIFA. (s.d.). Le cycle du carbone (C). Fertilisation & Environnement.

III.2.5 Services socio-économiques :

Les zones humides, c'est un peu des trésors cachés pour les populations qui vivent à côté. Elles apportent plein de choses utiles au quotidien : de l'eau, du poisson, des plantes pour nourrir les bêtes, et même des ressources pour l'agriculture (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Dans pas mal d'endroits, les gens du coin comptent carrément sur ces zones pour gagner leur vie. Que ce soit la pêche, l'irrigation des champs ou l'élevage, tout tourne autour d'elles. Sans oublier qu'elles aident à garder l'eau potable et protègent les terres agricoles des inondations et de l'érosion.

Et puis, côté loisirs, elles ont de quoi séduire. Avec leurs paysages et leur biodiversité, elles attirent les amateurs d'observation des oiseaux, de photo nature ou d'écotourisme. Bref, c'est un vrai spot pour se reconnecter avec la nature.

Un exemple, c'est les zones humides du golfe de Gabès, en Tunisie. Là-bas, sur la côte, ces écosystèmes débordent de vie. Ils soutiennent la pêche artisanale et accueillent des tonnes d'oiseaux migrateurs. En plus, ils font tourner l'économie locale grâce à l'écotourisme et aux activités traditionnelles liées à la mer.

Mais voilà, tout s'est menacé aujourd'hui. Entre la pollution industrielle, la surexploitation des ressources et le changement climatique, ces zones prennent cher. Leur équilibre naturel est en danger, et du coup, tous les services qu'elles rendent aux habitants aussi.

En clair, les zones humides, c'est vital. Pas seulement pour la planète, mais aussi pour que les territoires puissent se développer de façon durable et humaine.

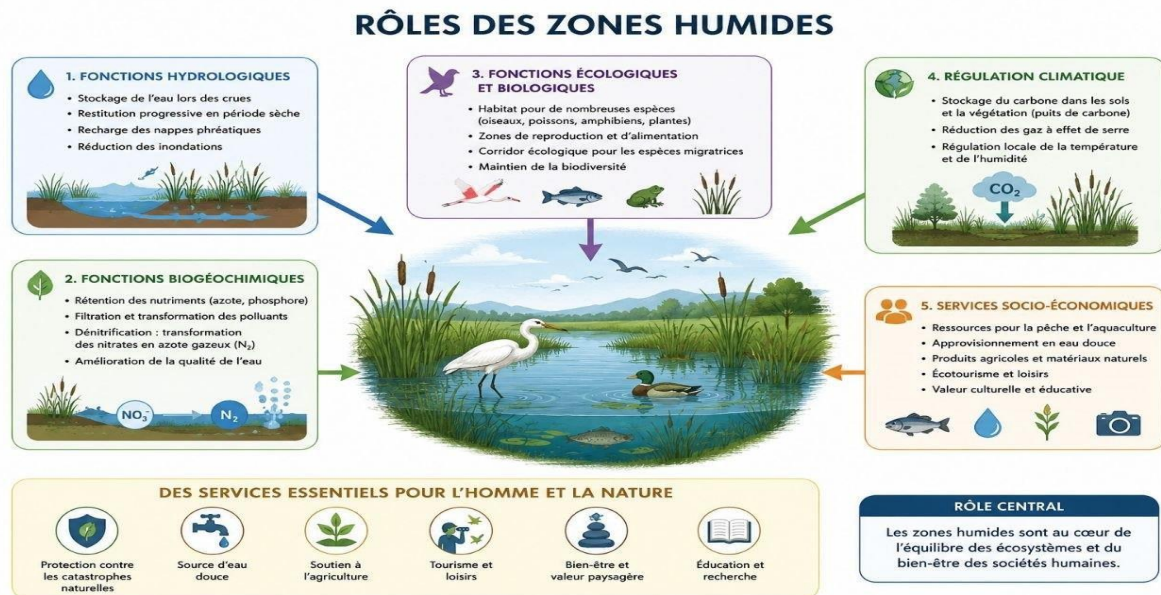


Figure 17 : Fonctions écologiques et services écosystémiques des zones humides

Office Français de la Biodiversité (OFB). Les zones humides, 2024

III.3 Vulnérabilité des zones humides face au changement climatique :

Les zones humides sont aujourd'hui parmi les écosystèmes les plus menacés par le changement climatique et l'activité humaine. Leur équilibre dépend beaucoup des conditions hydrologiques, ce qui les rend très sensibles aux variations du climat. (le Millennium Ecosystem Assessment,) une bonne partie de ces zones a déjà disparu ou s'est dégradée ces dernières décennies à cause des activités humaines et des changements globaux (MEA, 2005).

III.3.1 Perturbations du régime hydrologique :

Le changement climatique modifie la façon dont les précipitations tombent : elles deviennent plus irrégulières et diminuent dans certaines régions. Résultat : le niveau d'eau baisse dans les zones humides, ce qui perturbe leur fonctionnement écologique (GIEC, 2021).

Dans les régions semi-arides comme l'ouest de l'Algérie, ces dérèglements peuvent assécher temporairement ou définitivement les plans d'eau, comme on le voit dans certaines dayas et chotts. Cela affecte directement les habitats des espèces aquatiques et des oiseaux migrateurs.

III.3.2 Augmentation des températures et évaporation :

L'un des effets les plus visibles du changement climatique sur les zones humides, c'est la hausse des températures. En chauffant, l'eau de surface s'évapore plus vite, et ces

écosystèmes retiennent moins longtemps l'humidité. Le GIEC le confirme dans son rapport de 2021 : le réchauffement aggrave le stress hydrique, surtout dans les régions arides et semi-arides où l'eau se fait déjà rare.

Cette évaporation accrue fait lentement rétrécir les plans d'eau et chamboule tout l'équilibre écologique des zones humides. Les espèces animales et végétales qui en dépendent deviennent du coup bien plus vulnérables aux changements de leur environnement (Mitsch & Gosselink, 2015).

Dans les régions méditerranéennes semi-arides, les chercheurs ont observé que les longues périodes de sécheresse, couplées à des températures élevées, assèchent de nombreuses zones humides de façon saisonnière. Résultat : moins d'habitats pour les oiseaux migrants, les amphibiens et certaines plantes qui aiment l'eau.

Prenons le cas du Petit Lac d'Oran (Dhayet Morsli) : quand le thermomètre monte, la surface en eau peut diminuer sérieusement pendant les mois chauds. Cela fait grimper la salinité et perturbe les cycles de vie des espèces aquatiques et des oiseaux migrants qui viennent s'y nourrir et se reposer.

Par exemple, lors des fortes chaleurs estivales, le niveau d'eau de certaines zones humides de l'ouest algérien chute brutalement à cause de l'évaporation et du manque de pluie. Ce phénomène peut réduire les ressources alimentaires pour les oiseaux aquatiques et transformer la végétation sur place.

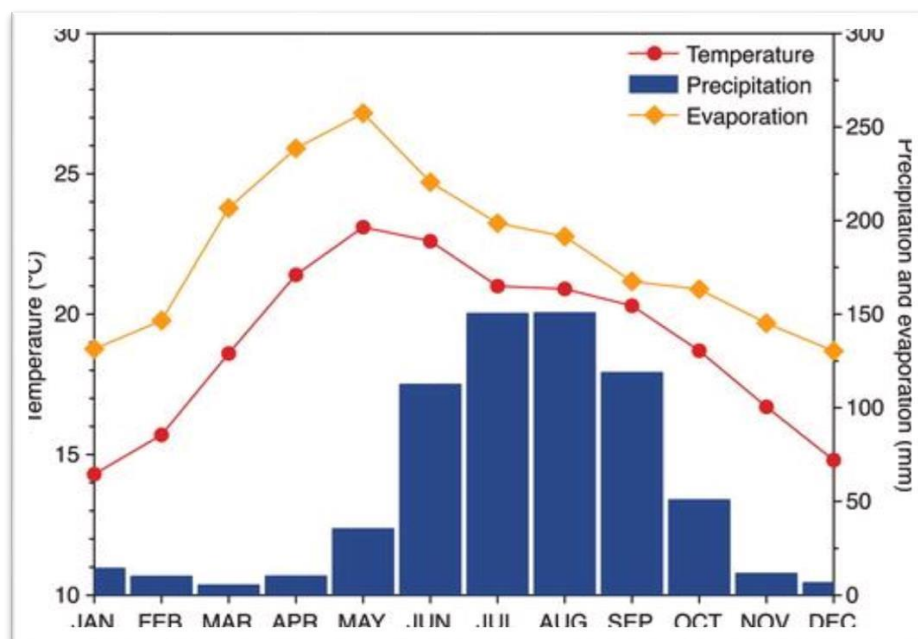


Figure 18 : Effet de l'augmentation des températures sur l'évaporation et l'assèchement des zones humides.

Late Holocene Climate Change in..., Annals of the American Association of Geographers, Taylor & Francis, 2019.

III.3.3 Salinisation et dégradation physico-chimique :

La salinisation, c'est quand la concentration en sels dissous augmente dans l'eau ou dans les sols. C'est l'un des effets les plus marquants du changement climatique, surtout dans les zones humides côtières et les régions arides ou semi-arides. Avec la montée du niveau de la mer, une évaporation plus forte et moins d'eau douce, les sels s'accumulent peu à peu dans ces écosystèmes (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Les sels les plus courants sont le chlorure de sodium (NaCl, le sel de table), le sulfate de calcium (CaSO₄), le magnésium et d'autres minéraux naturellement présents dans l'eau. Quand il fait très chaud et que l'eau s'évapore beaucoup, les sels restent dans le sol et les plans d'eau, ce qui fait grimper la salinité.

Sur les côtes, la montée des eaux peut aussi pousser l'eau salée dans les nappes souterraines et les lagunes. Résultat : les caractéristiques physico-chimiques de l'eau changent, notamment :

- La salinité
- Le pH
- La conductivité électrique
- La quantité d'oxygène dissous.

Tout ça a un impact direct sur les êtres vivants et vient bousculer l'équilibre écologique des zones humides.

La salinité se mesure généralement en grammes de sels par litre d'eau (g/L). Une eau douce, c'est moins de 0,5 g/L, alors qu'une eau saumâtre peut en contenir plusieurs grammes. Quand ça dépasse ce que certaines espèces peuvent supporter, les plantes et animaux les plus fragiles ne survivent plus.

Par exemple, plantes aquatiques et d'amphibiens sont très sensibles à l'augmentation du sel. En revanche, des espèces adaptées aux milieux salés, comme la salicorne ou l'atriplex, en profitent pour se développer davantage.

En Algérie, dans les zones humides des régions semi-arides, l'évaporation forte combinée à un faible renouvellement de l'eau accélère souvent la salinisation des plans d'eau. Ça peut réduire la biodiversité et abîmer les fonctions écologiques de ces milieux.

La salinisation touche aussi la qualité des sols : elle les rend moins fertiles et limite la croissance de certaines plantes. À long terme, tout ça peut transformer complètement l'écosystème humide.

III.3.4 Perte de biodiversité et déséquilibres écologiques :

Les perturbations climatiques dégradent peu à peu les habitats naturels, ce qui fait chuter la biodiversité. Les espèces les plus touchées sont celles qui ont besoin d'un apport en eau stable, comme les oiseaux migrateurs et les amphibiens (Samraoui et al., 2011).

En Algérie, plusieurs études ornithologiques montrent que la dégradation des zones humides a entraîné une diminution significative des populations d'oiseaux d'eau, en particulier dans les grands complexes humides du nord du pays. Selon les travaux de Samraoui & Samraoui (2008), certaines zones humides algériennes ont enregistré une baisse pouvant atteindre **30 à 60 %** des effectifs d'oiseaux d'eau sur quelques décennies, en fonction des sites et des espèces.

Cette diminution est principalement liée à la perte des habitats de reproduction, d'alimentation et de repos, causée par l'assèchement, la pollution et la fragmentation des zones humides.

Parmi les espèces les plus touchées, on retrouve plusieurs oiseaux d'eau migrateurs et nicheurs, notamment :

- Le **flamant rose** Greater Flamingo
- Le **tadorne de Belon** Common Shelduck
- La **foulque macroule** Eurasian Coot
- Le **canard colvert** Mallard

Ces espèces dépendent fortement des zones humides comme sites d'hivernage et de reproduction. Leur diminution est donc un indicateur direct de la dégradation écologique des milieux humides.

Dans certaines zones comme les complexes de l'Est algérien (lac Tonga, lac Oubeira), les chercheurs ont observé une réduction progressive des colonies d'oiseaux nicheurs, en raison de la baisse de la qualité de l'eau et de la disparition de la végétation aquatique.

III.3.5 Effets cumulatifs des pressions anthropiques :

En plus du changement climatique, les zones humides subissent de fortes pressions humaines : urbanisation, pollution industrielle et agricole, surexploitation des ressources en eau (Benyahia et al., 2014).

Tout cela affaiblit leur capacité à résister et à s'adapter aux changements. Quand les facteurs climatiques et humains se combinent, les effets s'accumulent et accélèrent la dégradation de ces écosystèmes.



Figure 19 : Dégradation d'une zone humide. (petit lac d'Oran)

IV. Impacts des changements climatiques sur les écosystèmes dans les zones humides : revue d'études :

Les impacts du changement climatique sur la biodiversité des zones humides ont été largement étudiés et montrent des perturbations directes de la structure et du fonctionnement des écosystèmes. Selon le Millennium Ecosystem Assessment (2005), ces impacts, combinés aux pressions humaines, entraînent une perte progressive de biodiversité.

IV.1 Dégradation du biotope :

Le biotope, c'est tout ce qui fait l'environnement physique et chimique d'un lieu naturel : l'eau, le sol, la température, la lumière, l'humidité ou encore la salinité. C'est en quelque sorte le cadre de vie des êtres vivants dans un écosystème. Dans les zones humides, ce cadre dépend beaucoup des conditions hydrologiques et du climat.

Avec le changement climatique, ce biotope se dégrade petit à petit sous l'effet de plusieurs phénomènes. On pense notamment à la baisse des précipitations, à la hausse des

températures, à l'assèchement des points d'eau ou encore à la salinisation des sols. Tout ça modifie les caractéristiques physico-chimiques du milieu et rend la vie plus compliquée pour de nombreuses espèces.

Par exemple : dans certaines zones humides en Algérie, la sécheresse prolongée fait baisser le niveau de l'eau. Résultat : la salinité augmente et l'oxygène dissous diminue. Ce genre de changement perturbe fortement l'équilibre écologique du milieu.

IV.2 Dégradation de la biocénose :

La biocénose, c'est tout simplement l'ensemble des êtres vivants qui peuplent un écosystème : les animaux, les plantes, les micro-organismes, et toutes les relations qu'ils ont entre eux. En gros, c'est le grand réseau du vivant.

Dans les zones humides, cette vie est particulièrement abondante parce que l'eau et la nourriture ne manquent pas. Mais voilà, avec le changement climatique, tout ce bel équilibre est sérieusement chamboulé.

IV.2.1 Impacts sur la flore et les habitats :

Le changement climatique modifie les conditions de vie dans ces milieux, notamment la disponibilité en eau. Résultat : les habitats se transforment. Les espèces végétales sensibles aux variations d'eau peuvent disparaître ou se faire remplacer par d'autres, plus résistantes (Ibáñez et al., 2026).

En plus, la diminution de la surface des zones humides fragmente les habitats. Les espèces ont alors plus de mal à se déplacer et à s'adapter aux nouvelles conditions climatiques (Ecofor, 2008).

IV.2.2 Impacts sur la faune (oiseaux, poissons, amphibiens) :

Les zones humides, c'est aussi un refuge pour pas mal d'animaux, surtout les oiseaux migrateurs. Le changement climatique vient perturber leurs cycles naturels comme la reproduction et la migration (Samraoui & Samraoui, 2008).

Les études montrent aussi que la perte d'habitats et les changements dans l'eau entraînent une baisse des populations d'espèces aquatiques, comme les poissons et les amphibiens (Ibáñez et al., 2026).

Par exemple, le **flamant rose** Greater Flamingo fréquente plusieurs zones humides algériennes durant ses migrations saisonnières. Lorsque les zones humides s'assèchent ou deviennent trop salées, ces oiseaux trouvent moins de nourriture et peuvent abandonner certaines zones.

De même, certaines espèces d'amphibiens sont très sensibles à la diminution de l'humidité et à la pollution des eaux, ce qui peut entraîner une baisse de leurs populations.

IV.2.3 Interactions entre la faune et la flore :

Dans les zones humides, les plantes et les animaux vivent en étroite relation, et c'est ce qui permet à tout l'écosystème de tenir en équilibre. Les plantes aquatiques et les roseaux, par exemple, offrent un abri, des endroits pour nicher et de la nourriture à tout un tas d'espèces : oiseaux d'eau, poissons, amphibiens (MEA, 2005).

De leur côté, certains animaux aident à disperser les graines, à polliniser les plantes ou à maintenir les chaînes alimentaires. Prends les oiseaux migrateurs : en voyageant d'une zone humide à l'autre, ils transportent des graines, ce qui permet à certaines plantes de se régénérer (Samraoui & Samraoui, 2008).

Mais quand la végétation se dégrade, à cause du changement climatique ou des activités humaines, les animaux perdent peu à peu leurs habitats et leurs sources de nourriture. Résultat : les liens entre espèces se cassent, et tout l'écosystème s'en trouve déséquilibré. Par exemple, si les roseaux disparaissent dans une zone humide, les oiseaux aquatiques n'ont plus d'endroit pour se reproduire, et leurs populations finissent par chuter.

IV.2.4 Impacts sur les fonctions écologiques :

Les fonctions écologiques des zones humides prennent aussi un coup. Je pense à la productivité biologique ou aux cycles biogéochimiques. Plusieurs travaux montrent que les changements dans l'eau perturbent des processus essentiels comme la décomposition de la matière organique ou le cycle des nutriments (Plan Bleu, 2016).

Tout ça réduit les services que les zones humides rendent à l'environnement.

IV.2.5 Effets combinés du climat et des activités humaines :

Les effets du climat sont souvent aggravés par les activités humaines : urbanisation, agriculture, pollution. Le rapport mondial sur les zones humides souligne que le changement climatique amplifie les pressions humaines, ce qui accélère la dégradation des écosystèmes (Global Wetland Outlook, 2025).

En Algérie, étude porté sur les zones humides souffrent particulièrement de la combinaison sécheresse, pollution et surexploitation des ressources en eau (Beni Belaid study, 2022).

V. Cas des zones méditerranéennes arides et semi-arides :

Dans le bassin méditerranéen, les zones arides et semi-arides ont des caractéristiques climatiques et écologiques bien particulières, ce qui les rend très vulnérables au changement climatique. Ce sont des régions où il pleut peu et de façon irrégulière, où les étés sont chauds et où l'évaporation est forte.

Les zones arides, concrètement, reçoivent si peu de pluie chaque année que ça ne suffit même pas à compenser l'eau perdue par évaporation. Résultat : de longues périodes de sécheresse et très peu d'eau disponible. Les zones semi-arides, elles, reçoivent un peu plus de précipitations, mais elles restent quand même en manque d'eau une bonne partie de l'année (GIEC, 2021).

Ces Caractéristiques :

- Une végétation qui s'est adaptée au manque d'eau, souvent avec des plantes qui supportent la sécheresse et le sel.
- Un climat qui change beaucoup, avec des sécheresses qui alternent avec des pluies imprévisibles.
- Des sols souvent pauvres et qui s'érodent facilement.
- Des zones humides temporaires, qui ne vivent que grâce aux pluies saisonnières.
- Une biodiversité riche, mais fragile dès que l'environnement est perturbé.

Dans ces milieux, les écosystèmes dépendent énormément de l'eau disponible. Du coup, même un petit changement climatique peut bouleverser les habitats naturels et les espèces qui y vivent. Le bassin méditerranéen est considéré comme un véritable "hotspot" de biodiversité : on y trouve une grande variété d'espèces et un taux d'endémisme élevé (Aurelle et al., 2022).

Le terme **hot spot de biodiversité** désigne une région du monde qui possède : une très grande richesse en espèces animales et végétales ; un taux élevé d'endémisme, c'est-à-dire des espèces présentes uniquement dans cette région ; un niveau important de menaces environnementales.

Le bassin méditerranéen répond à ces critères grâce à la diversité de ses climats, de ses reliefs et de ses écosystèmes. On y trouve de nombreuses espèces végétales méditerranéennes, des oiseaux migrateurs, des reptiles, des amphibiens et plusieurs espèces adaptées aux milieux secs.

Cependant, ce hot spot est aujourd'hui fortement menacé par :

- Le changement climatique.
- La désertification.
- L'urbanisation.
- La pollution.
- La surexploitation des ressources en eau.

Mais c'est aussi l'une des régions les plus exposées aux effets du réchauffement, surtout à cause de la hausse des températures et de la baisse des précipitations (Thiébaud, 2016).

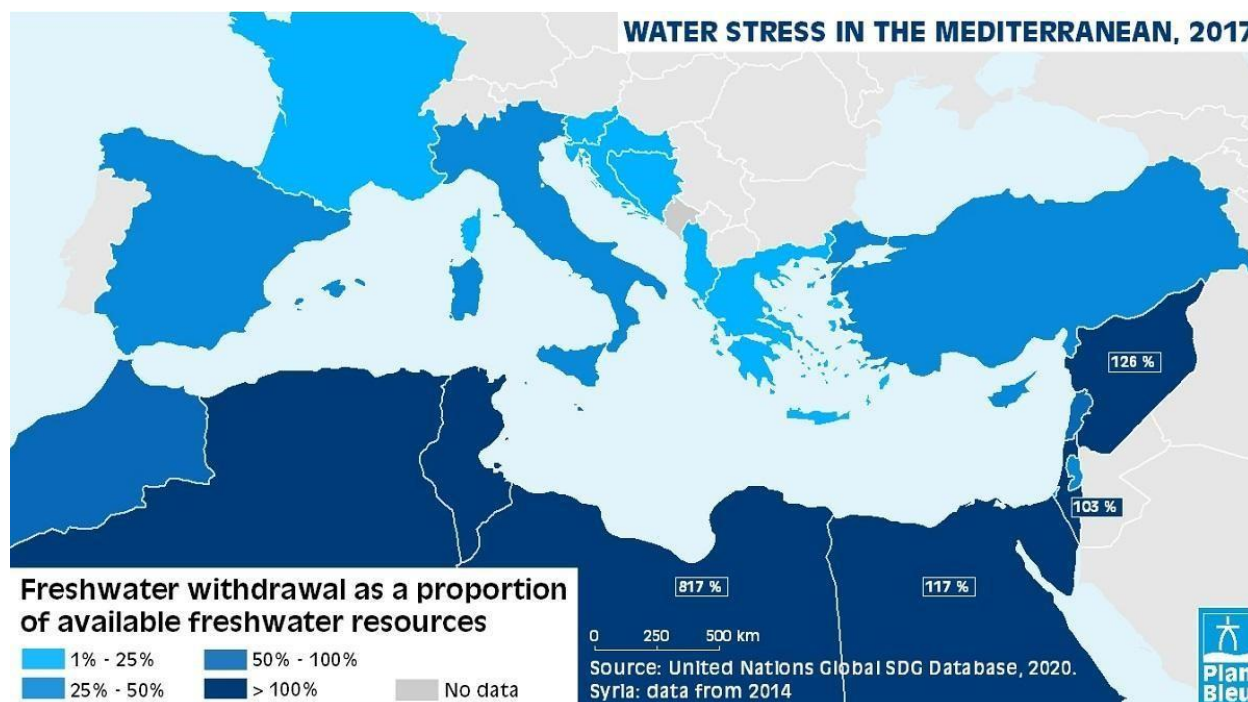


Figure 20 : Stress hydrique et raréfaction des ressources en eau dans la région méditerranéenne.

Plan Bleu (2020), Observatoire de l'Environnement et du Développement en Méditerranée – Cartes et graphiques

V.1 Contraintes climatiques spécifiques :

Dans ces zones arides et semi-arides, le climat est très variable : les pluies sont faibles et irrégulières, ce qui rend les zones humides très dépendantes des conditions météo (GEF, 2010). Quand les sécheresses s'installent longtemps, ces zones humides peuvent disparaître, parfois temporairement, parfois pour de bon.

Par exemple, dans plusieurs régions steppiques et semi-arides d'Algérie, certaines daya et chotts connaissent une diminution importante de leur surface en eau durant les périodes de sécheresse prolongée. Le **Chott El Hodna** représente un exemple significatif : durant les années de faible pluviométrie, le niveau d'eau diminue fortement sous l'effet combiné du déficit hydrique et de la forte évaporation. Cette situation entraîne une augmentation de la salinité et réduit les habitats disponibles pour les oiseaux migrateurs et les espèces aquatiques. (Samraoui & Samraoui, 2008)

V.2 Sensibilité accrue des écosystèmes :

Les études le montrent : les zones humides méditerranéennes sont très fragiles face au changement climatique. Leur capacité à encaisser les chocs est faible, et elles dépendent énormément de l'eau disponible (MedWet, 2018).

Avec la hausse des températures et des précipitations qui deviennent plus irrégulières, le calendrier naturel des espèces est complètement chamboulé. Reproduction, floraison, migrations... tout se décale (MedECC, 2019).

les populations d'insectes aquatiques et de pollinisateurs chutent, parce qu'ils supportent mal la chaleur et la sécheresse. Prenons les libellules, par exemple. Elles ont besoin des zones humides pour se reproduire, mais quand les points d'eau s'assèchent, leurs habitats rétrécissent. La disparition des mares temporaires empêche leurs larves de se développer, et leurs effectifs s'effondrent.

En Europe et autour de la Méditerranée, les études montrent aussi une forte baisse des abeilles sauvages et autres pollinisateurs, à cause des températures qui grimpent, de la sécheresse et de la dégradation des milieux humides. Résultat : on croise moins d'insectes dans l'air à certaines saisons.

Dans certaines régions méditerranéennes, les chercheurs remarquent que les vagues de chaleur avancent ou raccourcissent le cycle de vie de nombreux insectes. Ça perturbe toutes les relations entre plantes et animaux.

Tous ces dérèglements ont des répercussions sur l'ensemble des chaînes alimentaires, et la biodiversité des zones humides s'érode petit à petit.

V.3 Cas de l'Algérie :

En Algérie, les zones humides des régions semi-arides, comme les daya et les chotts, sont particulièrement touchées. Une étude récente révèle que le changement climatique a réduit la superficie des plans d'eau et dégradé la qualité de l'eau sur plusieurs sites (Mémoire Guelma, 2025). Ces bouleversements ont des conséquences directes sur la biodiversité : moins d'oiseaux, disparition de certaines espèces fragiles.

Tableau 02 : Inventaire des zones humides

Type de zones humides	NOMBRE
Zones humides naturelles	4252
Zones humides artificielles	1152
TOTAL	5404

L'Algérie a également renforcé son engagement en matière de protection des zones humides en ratifiant la Convention de Ramsar sur les zones humides d'importance internationale. Cette convention, adoptée en 1971 en Iran, vise à assurer la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides à l'échelle mondiale. L'Algérie a adhéré à cette convention en 1982, ce qui témoigne de sa volonté de protéger ses écosystèmes humides face aux menaces environnementales et au changement climatique (Ramsar Convention Secretariat, 2023).

CHAPITRE 02 :

Présentation du site d'étude.

I. Présentation du site d'étude : Petit Lac d'Oran (Dhayet Morsli) :

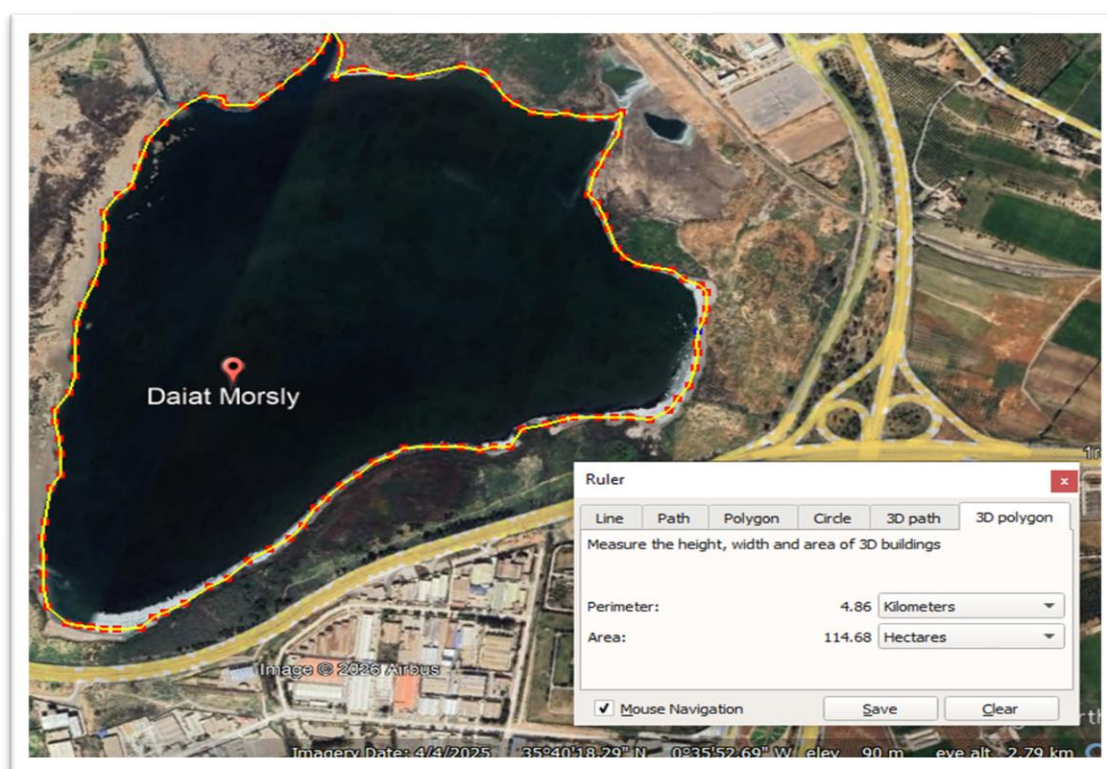
I.1 Localisation géographique et caractéristiques physiques :

Le Petit Lac d'Oran, qu'on appelle aussi Dhayet Morsli dans le coin, c'est une zone humide naturelle qui se trouve dans la wilaya d'Oran, au nord-ouest de l'Algérie. Il se trouve au sud de l'agglomération oranaise, à proximité immédiate de la commune d'Es-Sénia et de la zone industrielle d'Oran.

Cette position lui donne un rôle écologique climatique économique super important, mais en même temps, elle la rend vulnérable à pas mal de pressions liées à l'urbanisation et aux activités industrielles.

Ce site fait partie des zones humides de l'ouest de l'Algérie, plus précisément du réseau de bassins fermés qu'on trouve dans la région d'Oran. Ces espaces naturels sont super importants pour préserver la biodiversité, réguler l'eau et garder un équilibre écologique dans la région. Le Petit Lac d'Oran, c'est un écosystème fragile typique des milieux semi-arides méditerranéens (CRSTRA, *Conseil Scientifique Lagunage naturel et zones humides d'Oran.*)

Géographiquement, Dhayet Morsli se trouve à peu près aux coordonnées 35°39' Nord et 0°36' Est, avec une altitude moyenne d'environ 90 mètres. La taille du lac change selon les saisons et les années, mais en période humide, elle tourne généralement entre 15 et 20 hectares. Ces fluctuations sont directement liées à la pluie qu'il tombe et à l'évaporation. (GOOGLE EARTH)



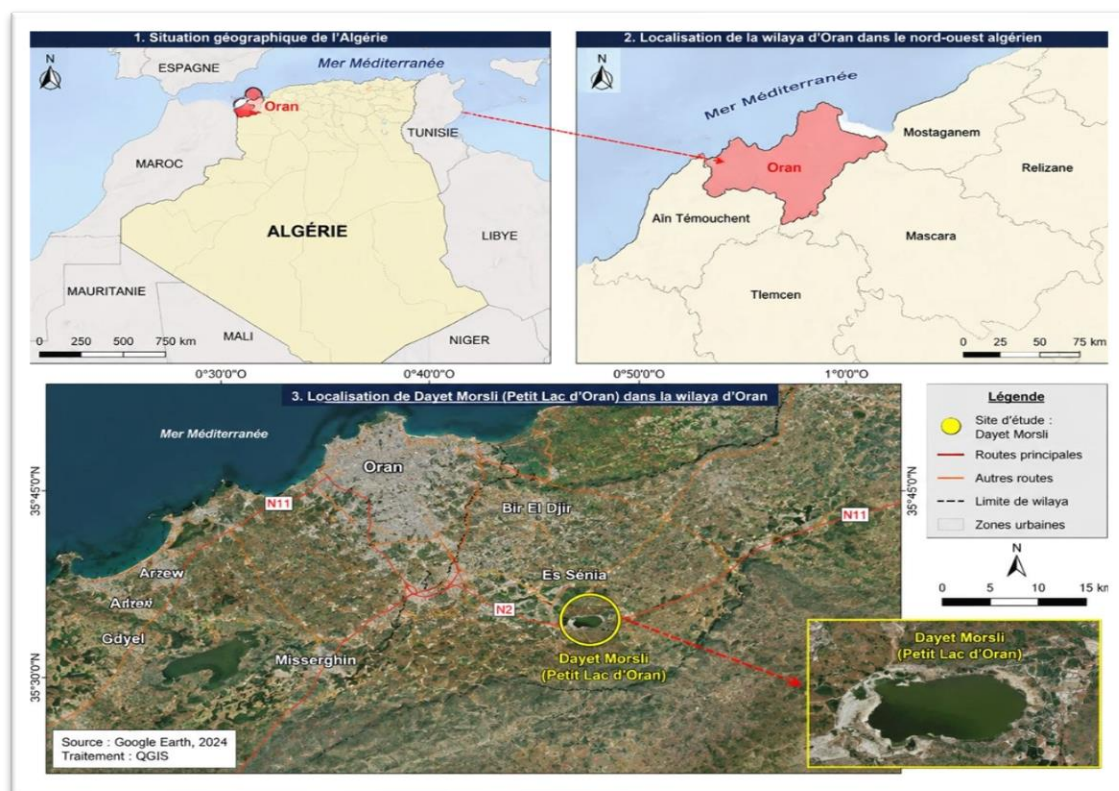


Figure 21 : localisation géographique simplifiée du Petit Lac d'Oran (google earth).

I.2 la vulnérabilité face aux changement dimatique :

La vulnérabilité du Petit Lac d'Oran s'explique principalement par l'effet combiné des changements climatiques et des pressions anthropiques croissantes. En effet, cette zone humide semi-aride est particulièrement sensible aux variations climatiques observées depuis plusieurs décennies, notamment la diminution des précipitations, l'augmentation des températures et la fréquence accrue des épisodes de sécheresse. Ces modifications climatiques entraînent une réduction progressive des apports hydriques, ce qui fragilise l'équilibre écologique du site.

Parallèlement, les pressions exercées par les activités humaines aggravent davantage cette situation. Les rejets urbains et industriels, l'urbanisation non contrôlée ainsi que la dégradation des sols contribuent à la détérioration de la qualité de l'eau et à la réduction des habitats naturels.

Cette double contrainte se traduit par des impacts directs sur la biodiversité locale : rétrécissement des zones humides, diminution des surfaces inondées, perturbation des cycles biologiques des espèces et régression de certaines populations d'oiseaux migrateurs. Ainsi, le Petit Lac d'Oran apparaît aujourd'hui comme un écosystème fragile et fortement vulnérable, nécessitant des mesures de protection et une gestion durable afin de préserver sa biodiversité face aux changements globaux.

I.3 Écosystèmes et habitats présents :

Le Petit Lac d'Oran fait partie du complexe de la Grande Sebkha d'Oran classé site Ramsar depuis 2001 (Ramsar Convention, 2001). Cette zone humide est caractérisée par des habitats salins et semi-aquatiques soumis à un climat semi-aride. La végétation présente est principalement composée d'espèces halophiles adaptées aux fortes concentrations en sel, notamment *Salicornia*, *Suaeda* et *Juncus* (Ramsar Convention, 2001).

Le site constitue également un habitat favorable à plusieurs espèces d'oiseaux d'eau et d'oiseaux migrateurs, dont le flamant rose (*Phoenicopterus roseus*) ainsi que différentes espèces d'échassiers fréquentant les zones humides peu profondes (Ramsar Convention, 2001). Selon Key Biodiversity Areas (2023), la Sebkha d'Oran représente une zone importante pour la conservation de la biodiversité dans l'Ouest algérien.

I.4 Importance socio-économique et culturelle :

I.4.1 Importance écologique et scientifique :

Le Petit Lac d'Oran présente une importance écologique et environnementale en raison de sa richesse biologique ainsi que de son rôle essentiel dans l'accueil des oiseaux migrateurs (Ramsar Convention, 2001). Ce site constitue un refuge important pour plusieurs espèces d'oiseaux d'eau, notamment durant les périodes critiques de leur cycle de vie ou lors de conditions environnementales difficiles.

Par ailleurs, ce site bénéficie d'une reconnaissance internationale à travers son inscription dans la Convention Ramsar relative aux zones humides d'importance internationale, ce qui met en évidence sa valeur écologique à l'échelle mondiale.

En outre, la Sebkha d'Oran représente un espace d'intérêt scientifique considérable pour les recherches portant sur les zones humides, la biodiversité et les écosystèmes salins (Key Biodiversity Areas, 2023). Elle constitue également un patrimoine naturel et paysager important pour la région oranaise, en raison de ses caractéristiques écologiques remarquables et de sa diversité biologique.

I.4.3 Importance économique potentielle :

Bien que les sources officielles ne documentent pas directement les aspects économiques de la Sebkha d'Oran, il est possible de proposer, par analogie avec d'autres sebkhas algériennes, plusieurs fonctions économiques potentielles :

1. L'exploitation traditionnelle du sel pourrait constituer une ressource complémentaire pour les populations riveraines
2. Le pâturage extensif pourrait également être envisagé, la végétation halophile présente (*Salicornia*, *Suaeda*) pouvant servir de fourrage d'appoint pour les éleveurs de la région notamment durant les périodes de sécheresse.

3. L'écotourisme représente une autre possibilité, la présence régulière du flamant rose offrant un potentiel pour le développement de l'observation ornithologique, bien qu'aucune donnée officielle ne confirme actuellement l'existence de cette activité.

4. Aussi, il est possible d'envisager un projet de station touristique naturelle. Les paysages uniques de la sebkha ainsi que sa biodiversité remarquable pourraient être valorisés à des fins touristiques, à l'image d'autres zones humides aménagées avec succès dans le monde, comme la Camargue en France. Toutefois, un tel projet devrait impérativement respecter des normes strictes de protection environnementale afin de préserver cet écosystème fragile.

I.4.3 Importance sociale

La fiche du site indique que celui-ci subit des pressions urbaines croissantes, notamment à travers les dépôts d'ordures et les rejets d'eaux usées en périphérie. Cette situation reflète indirectement une forte présence humaine ainsi que des conflits d'usage entre les habitants, les promoteurs immobiliers et les acteurs de la protection de l'environnement (Ramsar, 2001).

Propositions :

Par ailleurs, il peut être suggéré que ce site constitue un espace potentiel de loisirs et de respiration pour les habitants des quartiers sud d'Oran, bien que cet aspect ne soit pas encore documenté dans les sources scientifiques disponibles.

I.4.4 Importance culturelle et patrimoniale

Propositions :

1. Il est proposé que le « Petit Lac d'Oran » puisse être considéré comme un repère paysager important ainsi qu'un élément de mémoire collective pour les populations des quartiers sud d'Oran.
2. La mémoire orale : des enquêtes de terrain seraient nécessaires afin de recueillir d'éventuels récits, noms locaux ou usages traditionnels aujourd'hui disparus.
3. Le patrimoine paysager : le site constitue un élément significatif du patrimoine naturel et visuel de la région oranaise.
4. L'inspiration artistique : il est également possible de supposer que les paysages minéraux et les phénomènes de mirage liés à la sebkha aient pu inspirer certains artistes locaux, notamment des peintres et photographes, comme cela est observé dans d'autres milieux naturels remarquables.

Chapitre 03 :

Matériels et méthodes.

I. Méthodologie générale de l'étude (description) :

Cette étude a été réalisée dans le but de comprendre l'impact du changement climatique et des activités humaines sur la biodiversité du Petit Lac d'Oran. Pour cela, nous avons adopté une approche à la fois descriptive et analytique, basée sur le travail de terrain et les analyses effectuées en laboratoire.

Le travail s'est déroulé à travers plusieurs sorties sur le terrain au niveau du site d'étude. Ces sorties nous ont permis de faire des observations directes de l'environnement et de prélever des échantillons de sol et d'eau dans trois points différents autour du lac. Nous avons également installé des pièges de Barber afin d'étudier les insectes présents dans le sol et mieux comprendre la diversité de la faune du site.

Une partie importante du travail a été réalisée en laboratoire, où les échantillons de sol et d'eau ont été analysés afin d'étudier certaines caractéristiques physico-chimiques. Cela nous a permis de compléter et de mieux interpréter les observations faites sur le terrain.

Pour la collecte des données, nous avons utilisé plusieurs outils simples mais essentiels, comme un carnet de notes pour enregistrer nos observations, un appareil photo pour documenter le site, un GPS pour localiser les points de prélèvement, ainsi qu'un drone pour avoir une vue globale de la zone étudiée. L'identification des plantes a été faite à l'aide d'outils numériques comme Google Lens et l'application PictureThis. Les échantillons d'eau ont été prélevés simplement à l'aide de flacons stériles.

Les données climatiques utilisées dans cette étude proviennent de différentes sources fiables, notamment l'ONM, la NASA, la base Climate Data ainsi que des articles scientifiques. Ces informations nous ont permis de replacer nos observations dans un contexte climatique plus large.

Enfin, toutes les données recueillies ont été organisées et comparées afin de mieux comprendre les liens entre les conditions climatiques, les caractéristiques du milieu et la biodiversité du Petit Lac d'Oran.

II. Collecte des données climatiques :

La collecte des données climatiques constitue une étape importante dans cette étude, car elle permet d'évaluer les relations entre les conditions environnementales et l'évolution de la biodiversité du Petit Lac d'Oran. Les paramètres climatiques influencent directement le fonctionnement des zones humides, notamment la disponibilité de l'eau, le développement de la végétation ainsi que l'activité biologique des espèces présentes.

Dans cette étude, plusieurs paramètres météorologiques ont été pris en considération afin de caractériser les conditions climatiques de la région étudiée. Les données exploitées concernent principalement les températures, les précipitations, l'humidité relative, l'évaporation.

Les données climatiques utilisées proviennent essentiellement de la station météorologique d'Oran Es-Sénia. Les séries de températures et de précipitations couvrent la période 1996–2026, tandis que les autres paramètres climatiques analysés portent sur la période 1996–2005, selon les données disponibles.

Les paramètres climatiques analysés concernent principalement :

- Les températures moyennes;
- les précipitations;
- L'humidité relative
- Evaporation

Ces différents paramètres permettent d'évaluer les conditions climatiques de la région et d'analyser leurs impacts potentiels sur les écosystèmes humides et la biodiversité locale.

En complément des données météorologiques, des observations de terrain ont été réalisées au niveau du Petit Lac d'Oran afin d'évaluer l'état écologique des différents points d'étude. Ces sorties ont permis d'observer les variations de l'humidité du sol, l'état de la végétation ainsi que certains signes de perturbation environnementale.

L'ensemble des données climatiques et environnementales collectées constitue une base importante pour l'analyse des impacts du changement climatique sur la biodiversité locale.

Tableau 3: Paramètres climatiques étudiés.

Paramètre climatique	Unité
Température minimale	°C
Température maximale	°C
Température moyenne	°C
Précipitations	Mm
Humidité relative	%

Tableau 4 : Coordonnées géographiques des points d'étude.

Point	Coordonnées géographiques
Point 1	35°40'14.66" Nord ; 0°36'40.89" Ouest → 35°40'20.43" Nord ; 0°36'09.81" Ouest
Point 2	35°40'14.02" Nord ; 0°36'07.76" Ouest → 35°40'03.12" Nord ; 0°35'56.40" Ouest
Point 3	35°39'58.51" Nord ; 0°36'03.50" Ouest → 35°39'35.32" Nord ; 0°36'29.37" Ouest



Figure 22 : Localisation des points d'échantillonnage au niveau du Petit Lac d'Oran (Dhayet Morsli) à l'aide de Google Earth.

II.1 Sources de données (stations météorologiques, reanalyses, satellites) :

Les données climatiques exploitées dans cette étude proviennent de plusieurs sources complémentaires permettant d'assurer une meilleure fiabilité des informations recueillies.

II.1.1 Stations météorologiques :

Les principales données météorologiques utilisées ont été obtenues auprès de la station météorologique d'Oran Es-Sénia. Cette station fournit des données mensuelles concernant les températures, les précipitations, l'humidité relative et l'évaporation. Les séries de températures et de précipitations couvrent la période 1996–2026, tandis que les données relatives à l'humidité et à l'évaporation couvrent la période 1996–2005, selon les données disponibles.

Les stations météorologiques constituent des outils essentiels dans les études environnementales car elles permettent de mesurer directement les paramètres climatiques influençant les écosystèmes naturels.

II.1.2. Données satellitaires et outils géographiques :

Les images satellitaires et les outils numériques tels que Google Earth ont également été utilisés dans cette étude afin de localiser les points d'échantillonnage et d'observer les caractéristiques spatiales du Petit Lac d'Oran.

L'utilisation des images satellitaires constitue aujourd'hui un outil important dans le suivi des zones humides et l'analyse des impacts environnementaux liés au changement climatique.

II.1.3. Observations de terrain :

Les observations directes réalisées durant les sorties de terrain ont permis de compléter les données climatiques et environnementales. Cette approche a facilité l'identification des perturbations écologiques observées sur le terrain, notamment :

- Les signes de pollution;
- L'état des sols;
- Les variations de la végétation ;
- L'activité biologique des insectes et de la faune locale.

Les observations de terrain représentent une étape indispensable dans les études écologiques, car elles permettent de confronter les données théoriques aux réalités environnementales observées sur le site étudié.



Figure 23 : Quelques observations environnementales relevées au niveau du Petit Lac d'Oran.

II.2 Période d'analyse :

La période d'analyse de cette étude s'étend sur plusieurs mois et repose sur une approche saisonnière afin de mieux comprendre les variations environnementales du Petit Lac d'Oran. En effet, les observations et les prélèvements ont été réalisés lors de différentes sorties de terrain permettant de couvrir deux périodes principales de l'année 2026.

La première sortie a été effectuée les 27 et 28 février 2026, correspondant à une période hivernale caractérisée par des conditions climatiques relativement fraîches et humides



Figure 24 : Site du Petit Lac d'Oran lors de la sortie de février 2026 (période hivernale).

La deuxième sortie a eu lieu le 1er mai 2026, une période printanière marquée par des changements visibles au niveau de la végétation et de l'activité biologique, notamment l'apparition d'un début de jaunissement et d'un léger dessèchement de certaines plantes.



Figure 25 : Site du Petit Lac d'Oran lors de la sortie de mai 2026 (période printanière).

Ce découpage temporel permet d'adopter une approche comparative entre deux saisons différentes, afin d'évaluer l'évolution de la biodiversité et les variations des conditions environnementales du site étudié. Cette organisation temporelle constitue une base importante pour l'interprétation des résultats obtenus dans cette étude.

III. Inventaire de la biodiversité :

III.1 Méthodes d'échantillonnage (faune, flore, avifaune...) :

L'étude de la biodiversité au niveau du Petit Lac d'Oran a été réalisée à travers une approche de terrain basée sur l'échantillonnage direct et l'observation écologique. Le travail a été effectué en groupe et réparti sur plusieurs sorties de terrain organisées durant différentes périodes (février, mars et mai 2026), afin de prendre en compte les variations spatiales et saisonnières du milieu naturel.

Trois points d'échantillonnage ont été sélectionnés autour du lac afin de représenter les différentes conditions environnementales du site, notamment l'état de la végétation, la qualité du sol et de l'eau, ainsi que l'influence anthropique. Chaque point a fait l'objet d'une étude détaillée comprenant des observations in situ, des prélèvements, ainsi que l'installation de dispositifs de capture.

III.1.1 Échantillonnage de la flore :

L'étude de la végétation a été réalisée par observation directe des espèces présentes au niveau des trois sites d'étude. L'analyse a porté sur la densité du couvert végétal, sa répartition spatiale ainsi que son état général en fonction des conditions environnementales de chaque point.

Des prélèvements de végétation ont été effectués dans les zones les plus représentatives afin de permettre une identification plus précise en laboratoire. Les échantillons ont été photographiés et documentés, puis identifiés à l'aide d'outils numériques tels que Picture This et Google Lens, complétés par des recherches bibliographiques spécialisées.

Les échantillons ont ensuite été analysés et organisés en laboratoire. L'ensemble des espèces végétales recensées est présenté en annexe (Annexes), accompagné des photographies et des fiches d'identification.



Figure 26 : Inventaire de la flore : collecte, observation et photographie in site

III.1.2. Échantillonnage de la faune et de l'entomofaune :

L'étude de la faune terrestre, notamment des insectes, a été réalisée à l'aide de pièges de Barber installés au niveau de chaque point d'étude. Ces pièges ont été fabriqués sur le terrain à partir de gobelets plastiques, d'aiguilles à brochettes, de cartons et de sacs plastiques, afin de capturer les insectes et petits organismes présents au niveau du sol.

Les pièges ont été enfouis dans le sol et laissés en place pendant une durée d'une semaine, avant d'être récupérés pour analyse.



Figure27 : Installation des pièges de Barber sur le site d'étude.

Après récupération, les échantillons ont été transférés au laboratoire où ils ont été photographiés, triés et classés. Un inventaire des échantillons a ensuite été réalisé de manière détaillée.

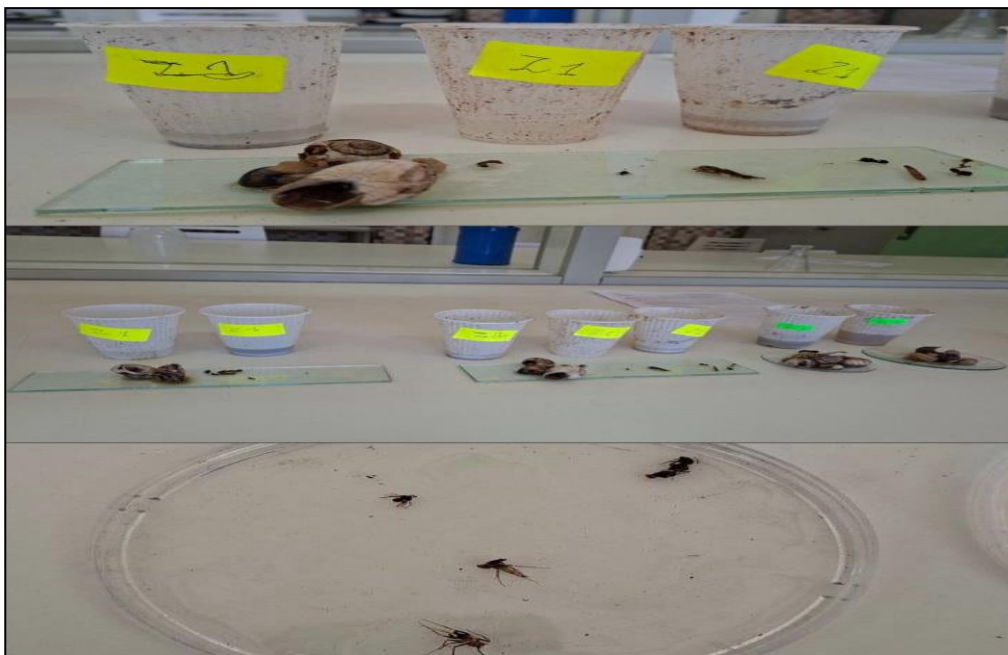


Figure 28 : Récupération des pièges de Barber et inventaire de l'entomofaune.

Par ailleurs, des échantillons de sol et d'eau ont également été prélevés sur les trois sites d'étude. Ils ont été transportés au laboratoire et conservés dans des boîtes transparentes pour observation et analyse.



Figure 29 :Prélèvement et transport des échantillons de sol vers le laboratoire.

Les observations de terrain ont également inclus des notes sur les conditions environnementales telles que les odeurs, la présence de déchets, la nature du sol et les caractéristiques du site.

L'ensemble des organismes collectés (insectes, mollusques et autres) a été identifié et classé, et les résultats détaillés sont présentés en annexe (Annexes), accompagnés des photographies et des fiches d'identification.

III.1.3. Échantillonnage de l'avifaune :

L'avifaune a été étudiée par observation visuelle directe à l'œil nu, principalement durant les premières heures de la matinée, période la plus favorable à l'activité des oiseaux. Les espèces ont été identifiées sur la base de leurs caractéristiques morphologiques et comportementales dans l'écosystème du lac.

III.1 .4 Travail de laboratoire et documentation :

Après chaque sortie de terrain, les échantillons ont été transférés au laboratoire afin de procéder à leur observation, photographie et classification. Des rapports détaillés ont été élaborés à chaque étape du travail, incluant les observations de terrain, la description des sites et une analyse préliminaire des échantillons.



Figure 30 : Séparation et analyse des différents échantillons (sol, eau et plantes) au laboratoire.

III.1.5. Protocole général de terrain :

Les sorties de terrain débutaient généralement à 7 heures du matin et duraient entre quatre et cinq heures.

Toutes les observations ont été consignées dans un carnet de terrain, accompagnées de photographies prises à l'aide d'un téléphone portable et d'un drone

L'ensemble du travail a été structuré selon une approche comparative entre les trois points d'étude et les différentes périodes d'échantillonnage, afin d'identifier les variations écologiques et biologiques du milieu naturel.

III.2 Protocoles d'identification et de suivi :

L'identification et le suivi des espèces observées au niveau du Petit Lac d'Oran ont été réalisés selon une démarche écologique basée sur les observations de terrain, les prélèvements biologiques et les analyses effectuées au laboratoire. Cette méthode a permis d'assurer une meilleure reconnaissance des espèces présentes ainsi qu'un suivi des variations observées entre les différentes périodes d'étude.

L'étude de la flore a été réalisée par observation directe des espèces présentes au niveau des trois sites d'étude. L'analyse a porté sur la densité du couvert végétal, sa répartition spatiale ainsi que son état général selon les conditions environnementales de chaque point.

Des prélèvements de végétation ont été effectués dans les zones les plus représentatives afin de faciliter l'identification des espèces observées. Les échantillons ont été photographiés sur le terrain et au laboratoire, puis identifiés à l'aide d'outils numériques tels que l'application Picture This et Google Lens. Ces applications ont permis une reconnaissance préliminaire des espèces végétales à partir des photographies prises durant les sorties de terrain.



Figure 31 : espèces végétales présentes dans la zone d'étude.

L'étude de la faune a été réalisée à l'aide de pièges de Barber installés dans les différents points d'échantillonnage autour du lac. Cette méthode permet de capturer les petits organismes vivant à la surface du sol, notamment certains insectes et arthropodes.

Après la période d'exposition sur le terrain, les pièges ont été récupérés puis transportés au laboratoire pour effectuer le tri, l'observation et la classification des organismes collectés. Les échantillons ont été photographiés et organisés sous forme de fiches descriptives afin de faciliter leur analyse et leur suivi écologique.

L'identification préliminaire des espèces a été réalisée à l'aide d'outils numériques comme Google Lens et l'application Picture Insect, à partir des photographies prises au laboratoire. Les résultats obtenus ont ensuite été comparés avec différentes sources disponibles sur Internet afin de confirmer l'identification des organismes observés.

Les mollusques et autres organismes visibles ont également été observés et photographiés afin de compléter l'inventaire biologique du site. Toutes les données collectées ont été organisées sous forme de notes de terrain accompagnées de photographies et de fiches descriptives.

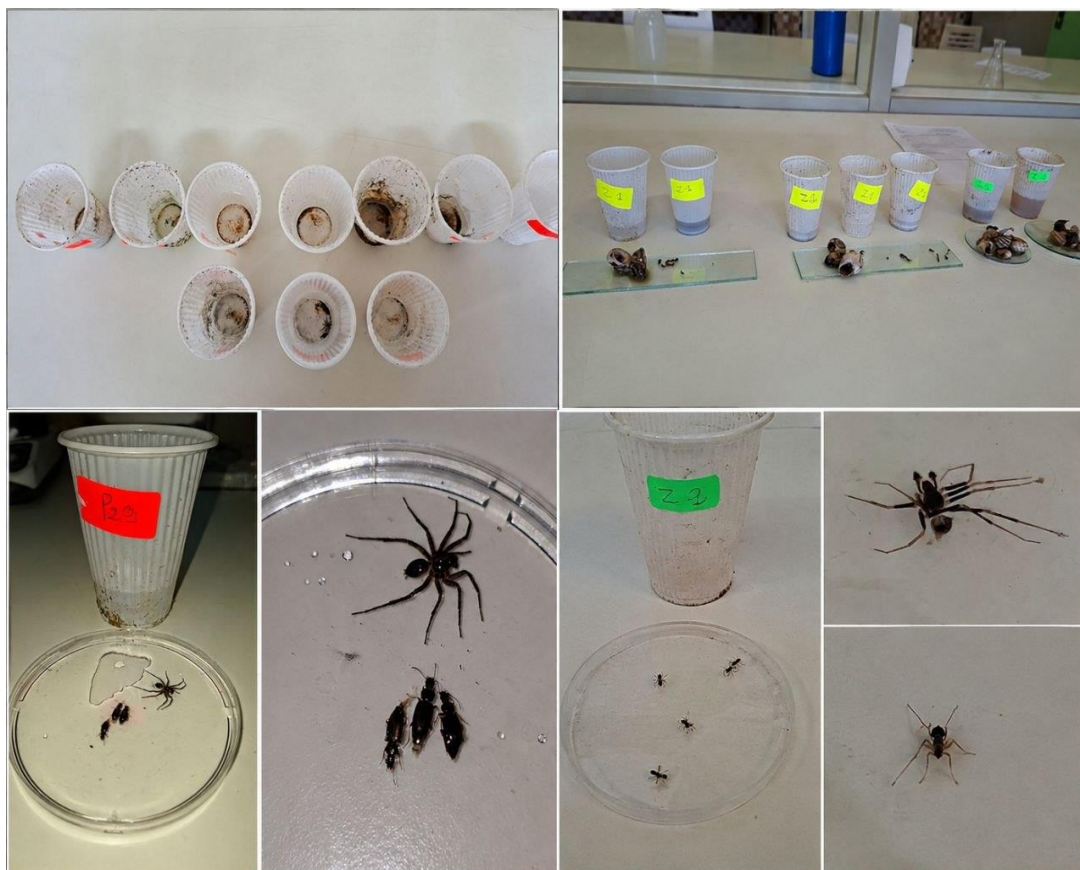


Figure 32 : Quelques espèces d'arthropodes identifiées dans la zone humide étudiée.

Le suivi écologique du site a été assuré durant plusieurs sorties réparties entre les périodes hivernale et printanière de l'année 2026. Cette approche saisonnière a permis de comparer l'évolution des conditions environnementales et biologiques du milieu naturel.

Le protocole de suivi reposait principalement sur :

- L'observation régulière de la couverture végétale.
- L'évaluation de l'état sanitaire des plantes.
- La comparaison des zones humides et des zones asséchées.
- Le suivi de la présence des espèces animales observées.
- L'évaluation des impacts visibles des activités humaines.

Une attention particulière a également été accordée aux perturbations anthropiques observées sur le terrain, notamment :

- l'accumulation des déchets solides.
- les dépôts de gravats.
- la pollution plastique.
- la dégradation des berges.
- le dessèchement de certaines zones du lac.

Les variations observées entre les différents points d'étude ont permis d'identifier des zones plus perturbées que d'autres, caractérisées par une faible densité végétale et une diminution de certains organismes sensibles aux conditions environnementales défavorables.

Toutes les observations réalisées durant les sorties de terrain ont été consignées dans un carnet de terrain puis comparées entre les différentes périodes d'étude afin d'assurer un suivi global de l'évolution écologique du Petit Lac d'Oran.



Figure 33 : Quelques manifestations de la pollution et des perturbations anthropiques dans la région.

IV. Indicateurs d'impact :

IV.1 Indices climatiques (T°, précipitations, sécheresse, etc.) :

L'étude des indices climatiques a été réalisée à partir des données météorologiques de la station d'Oran Es-Sénia. Les séries de températures et de précipitations couvrent la période 1996–2026, tandis que les données relatives à l'humidité couvrent la période 1996–2005. Ces paramètres ont permis d'évaluer les variations climatiques susceptibles d'influencer la biodiversité du Petit Lac d'Oran.

Les données mensuelles ont été traitées à l'aide du logiciel Excel afin de calculer les moyennes annuelles et saisonnières. Les résultats ont ensuite été représentés sous forme de tableaux et interprétés selon les caractéristiques climatiques de la région.

IV.1.1 Température moyenne :

Les températures moyennes annuelles enregistrées entre 1996 et 2026 montrent une légère variabilité interannuelle.

Tableau 5 : températures moyennes annuelles :

Année	Température moyenne (°C)
1996	17 .48
1997	18.21
1998	17.79
1999	17.98
2000	17.61
2001	18.12
2002	18.04
2003	18.5
2004	18.06
2005	17.58
2006	18.84
2007	18.30
2008	19.16
2009	19.49
2010	18.78
2011	19.23
2012	19.35
2013	19.65
2014	20.15
2015	20.43
2016	20.62
2017	20.34
2018	20.88
2019	21.11
2020	20.67
2021	21.63
2022	21.78

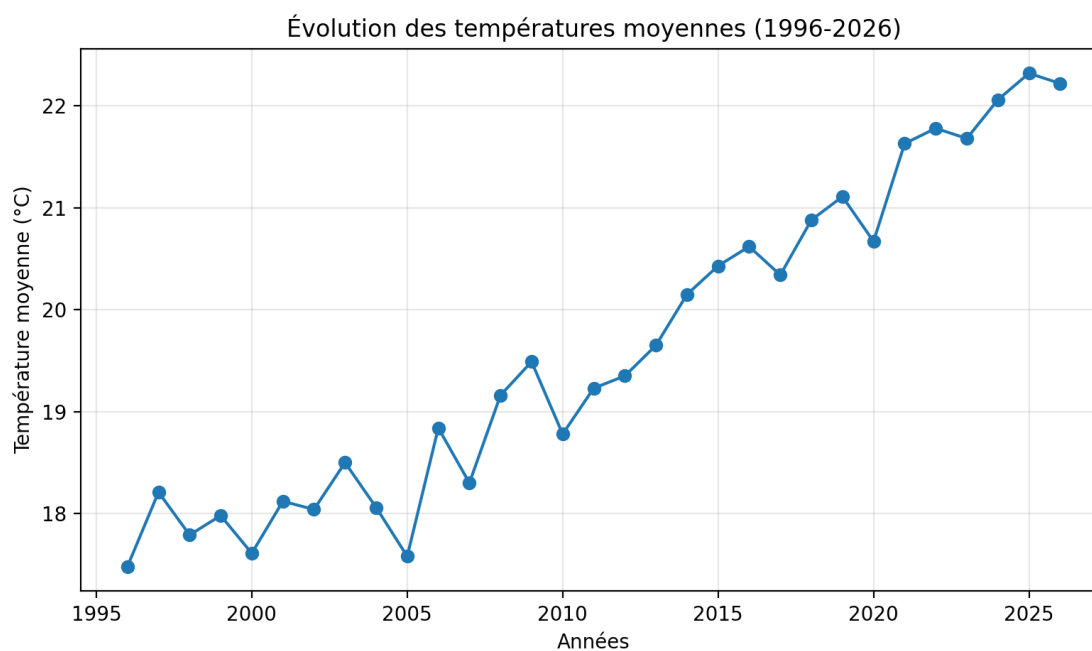
2023	21.68
2024	22.06
2025	22.32
2026	22.22

La température moyenne annuelle la plus faible a été enregistrée en 1996 avec 17,48 °C, tandis que la plus élevée a été observée en 2026 avec 22,22 °C. Les résultats montrent une tendance à l'augmentation thermique au cours des années.

Tableau 6 : L'analyse saisonnière des températures met en évidence des contrastes thermiques importants :

Saison	Température moyenne saisonnière (°C)
Hiver	13.11
Printemps	17.81
Eté	26.28
Automne	21.09

L'été constitué la saison la plus chaude avec une moyenne de 26,28 °C, alors que l'hiver représente la saison la plus froide avec 13,11 °C. Ces résultats mettent en évidence des contrastes thermiques importants entre les différentes saisons.



IV.1.2. Précipitations : Les précipitations présentent une forte irrégularité durant la période étudiée.

Tableau 7 : précipitations annuelles

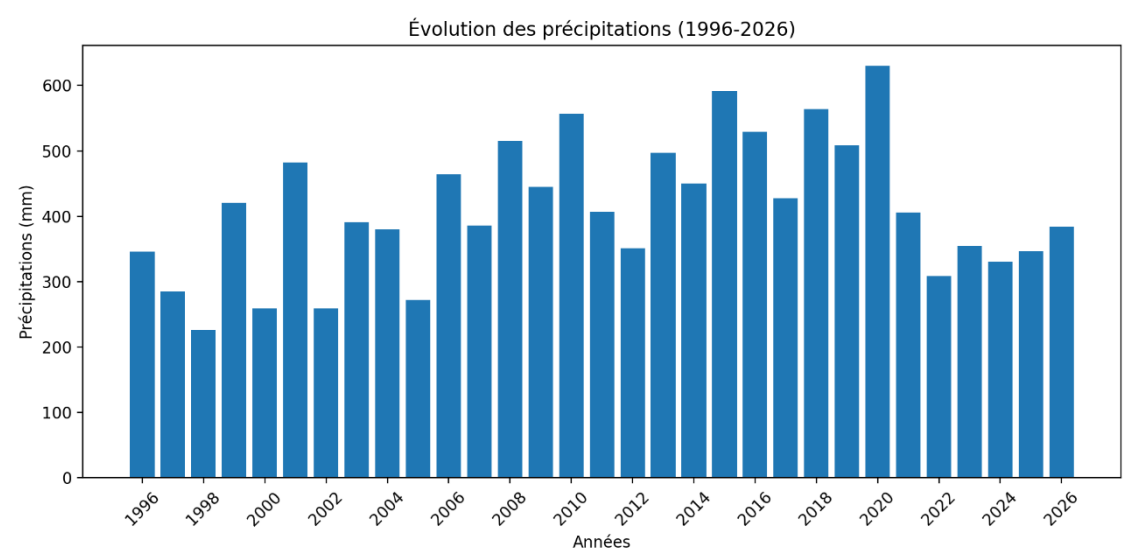
Année	Précipitations(mm)
1996	346.1
1997	285.3
1998	226.4
1999	420.7
2000	259.5
2001	482.0
2002	259.2
2003	391.0
2004	379.9
2005	272.1
2006	464
2007	386
2008	515
2009	445
2010	557
2011	407
2012	351
2013	497
2014	450
2015	592
2016	529
2017	428
2018	564
2019	508
2020	630
2021	406
2022	309
2023	355
2024	330
2025	347
2026	384

L'année 2020 est la plus humide avec 630 mm de pluie, tandis que 1998 représente l'année la plus sèche avec seulement 226,4 mm.

Tableau 8 : La répartition saisonnière des précipitations montre une concentration des pluies durant l’hiver et l’automne :

Saison	Moyenne des précipitation (mm)
Hiver	58.67
Printemps	34.89
Eté	2.63
Automne	41.19

Les précipitations estivales sont extrêmement faibles avec une moyenne de 2,63 mm, ce qui traduit une sécheresse estivale marquée, caractéristique du climat méditerranéen. Cette situation peut provoquer une réduction du niveau d'eau du lac, une augmentation de la salinité et une dégradation progressive des habitats naturels.



IV.1.3. Humidité relative :

Les valeurs de l’humidité relative présentent également des variations interannuelles.

Tableau 9 : de l’humidité relative moyenne :

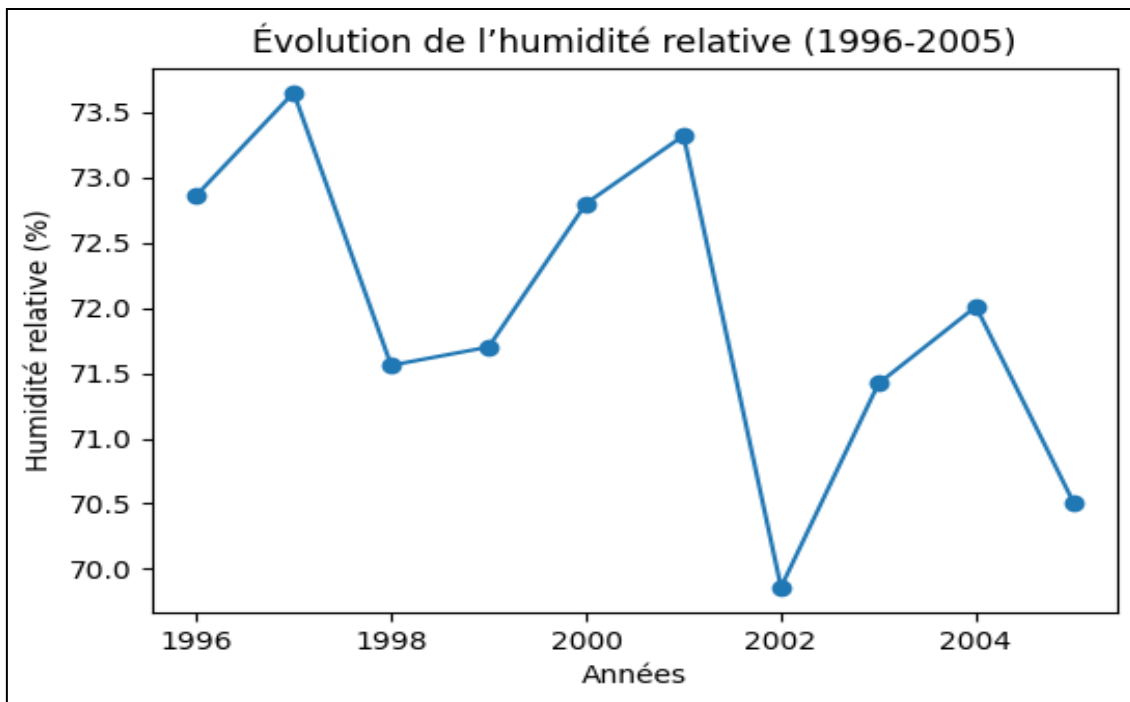
Année	Humidité relative (%)
1996	72.86
1997	73.65
1998	71.56
1999	71.7
2000	72.8
2001	73.32
2002	69.86
2003	71.42
2004	72.01
2005	70.51

L'humidité relative la plus élevée a été enregistrée en 1997 avec 73,65 %, alors que la plus faible a été observée en 2002 avec 69,86 %.

Tableau 10 : Les moyennes saisonnières de l'humidité relative sont les suivantes :

Saison	Humidité relative moyenne (%)
Hiver	77.89
Printemps	70.35
Été	65.99
Automne	73.64

Les taux d'humidité les plus faibles sont enregistrés en été, ce qui favorise l'augmentation de l'évaporation et accentue les périodes de sécheresse.



IV.1.4. Analyse des périodes de sécheresse :

La combinaison des températures élevées et de la faiblesse des précipitations durant la saison estivale traduit l'existence d'une sécheresse climatique importante. Les années 1998, 2000, 2002 et 2005 présentent les plus faibles quantités de pluie et peuvent être considérées comme des années relativement sèches.

Cette sécheresse peut entraîner :

1. Une diminution des ressources hydriques.
2. Une réduction de la couverture végétale.
3. Une perturbation des habitats naturels.
4. Une diminution de certaines espèces sensibles aux variations climatiques.

IV.1.5 Interprétation climatique générale :

L'ensemble des résultats met en évidence un climat méditerranéen caractérisé par :

1. Des étés chauds et secs.
2. Des hivers relativement humides.
3. Une forte irrégularité des précipitations.
4. Une variabilité thermique interannuelle.

Ces conditions climatiques influencent directement la biodiversité du Petit Lac d'Oran. L'augmentation des températures, associée aux épisodes de sécheresse, peut provoquer des modifications écologiques importantes, notamment la dégradation des habitats naturels, la perturbation des cycles biologiques et la diminution de certaines espèces végétales et animales.

IV.2 Indices de biodiversité (richesse, abondance, diversité) :

L'évaluation de la biodiversité du Petit Lac d'Oran a été réalisée à travers plusieurs indices écologiques permettant d'analyser la structure et le fonctionnement du milieu naturel. Ces indices servent à mesurer la qualité écologique du site ainsi que l'influence des changements climatiques et des activités humaines sur les espèces présentes

Les principaux indices étudiés dans ce travail sont :

- la richesse spécifique.
- l'abondance des espèces.
- la diversité biologique.

IV.2.1 Richesse spécifique :

La richesse spécifique a été évaluée à partir du nombre d'espèces végétales et animales observées dans les différentes zones étudiées. Les observations de terrain montrent que certaines zones présentaient une richesse spécifique plus importante grâce à une végétation plus dense et à la présence de plusieurs espèces végétales et faunistiques.

IV.2.2. Abondance des espèces :

L'abondance des espèces a été étudiée à travers le nombre d'individus observés dans les différents points d'étude. Les pièges de Barber ont permis de capturer plusieurs insectes et arthropodes, dont l'abondance variait selon les conditions environnementales. Concernant l'avifaune, une présence importante de flamants roses a été observée lors de la première sortie de terrain réalisée en février 2026, alors qu'un nombre plus réduit d'individus a été remarqué durant la seconde sortie effectuée au mois de mai. Cette variation peut être liée aux changements saisonniers et aux conditions du milieu.

IV.2.3. Diversité biologique :

La diversité biologique a été évaluée à partir de la variété des groupes biologiques observés dans le site étudié, notamment la flore, l'entomofaune et l'avifaune. Les observations réalisées montrent une diversité relativement importante dans certaines zones humides présentant une végétation plus développée et des conditions écologiques favorables.

VI. Outils d'analyse statistique et modélisation :

L'analyse des données climatiques et biologiques collectées dans le cadre de cette étude a nécessité l'utilisation de plusieurs outils statistiques et méthodes de traitement afin de mieux évaluer l'impact du changement climatique sur la biodiversité du Petit Lac d'Oran.

V.1 Logiciels et traitements des données :

Les données climatiques ainsi que les résultats de l'inventaire biologique ont été organisés et traités à l'aide du logiciel Microsoft Excel. Ce logiciel a permis de faciliter

1. le classement et l'organisation des données.
2. le calcul des moyennes annuelles et saisonnières.
3. l'élaboration des tableaux statistiques.
4. la réalisation des graphiques et des courbes climatiques.
5. l'analyse comparative entre les différentes années et saisons.

L'intelligence artificielle a également été utilisée comme outil d'assistance scientifique pour l'organisation des informations, l'interprétation des résultats ainsi que l'amélioration de la rédaction scientifique.

Les principaux traitements statistiques réalisés dans cette étude comprennent :

1. le calcul des moyennes
2. l'analyse des variations saisonnières
3. la comparaison des données entre les différentes années
4. l'interprétation des fluctuations climatiques et biologiques observées au niveau du site étudié.

V.2 Modélisation mathématique :

Afin d'évaluer l'influence des paramètres climatiques sur la biodiversité du Petit Lac d'Oran, une approche de modélisation basée sur l'analyse de corrélation a été adoptée.

Le modèle utilisé repose sur l'étude de la relation entre les variables climatiques, notamment la température, les précipitations et l'humidité, et les indicateurs biologiques observés au niveau du lac.

Le coefficient de corrélation permet ainsi de mesurer le degré de relation entre les variations climatiques et l'évolution de la biodiversité.

➤ **La formule utilisée est la suivante :**

$$r = [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})] / \sqrt{[(x_i - \bar{x})^2 (y_i - \bar{y})^2]}$$

Où :

- r représente le coefficient de corrélation.
- x représente la variable climatique.

- y représente la variable biologique.
- $\bar{x}$ et $\bar{y}$ représentent les moyennes des variables étudiées.

Cette approche permet d'identifier les éventuelles relations entre les changements climatiques et les modifications observées dans la biodiversité du Petit Lac d'Oran.

Chapitre 04 :

Résultats et discussion.

I. Inventaire de la biodiversité :

Dans le cadre de cette étude, un inventaire de la biodiversité a été réalisé au niveau des trois zones d'étude du site du Petit Lac d'Oran. Ce travail de terrain a permis d'identifier les principales espèces végétales et animales présentes, tout en observant leur répartition selon les caractéristiques écologiques de chaque zone.

L'objectif de cet inventaire est de mieux comprendre la composition biologique du site et d'évaluer les différences de diversité entre les zones étudiées. En effet, la biodiversité varie généralement en fonction des conditions du milieu, telles que l'humidité, la salinité, ainsi que les pressions exercées par les activités humaines.

Cette étape constitue une base essentielle pour analyser l'état écologique du site et interpréter les résultats obtenus dans les différentes zones.

Pour chaque zone étudiée, les résultats de l'inventaire sont présentés sous forme de tableaux regroupant séparément les espèces végétales (flore) et les insectes observés. Cette organisation permet de détailler la composition biologique propre à chaque zone et de faciliter l'analyse comparative.

I.1 Inventaire des espèces végétales (flore) selon les zones d'étude :

➤ Zone 1

Tableau 11 : Inventaire de la flore dans la zone d'étude 1 :

Zone	photo	Espèce/Identification	Type
Zone 1		Espèce : Mesembryanthemum • Famille : Aizoaceae • Ordre : Caryophyllales • Classe : Magnoliopsida	Plante
Zone1		Espèce : Sinapis arvensis • Famille : Brassicaceae • Ordre : Brassicales • Classe : Magnoliopsida	plante
Zone1		Espèce : Chenopodium murale • Famille Amaranthaceae • Ordre : Caryophyllales • Classe : Magnoliopsida	Plante
Zone1		Espèce : Chenopodium murale • Famille Amaranthaceae • Ordre : Caryophyllales • Classe : Magnoliopsida	plante

Zone1		<p>Espèce : Rumex pulcher</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Polygonaceae • Ordre : Caryophyllales • Classe : Magnoliopsida 	plante
Zone1		<p>Espèce : Oxalis pescaprae</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Oxalidaceae • Ordre : Oxalidales • Classe : Magnoliopsida 	plante
Zone1		<p>Espèce : Salvia officinalis</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Lamiaceae • Ordre : Lamiales • Classe : Magnoliopsida 	Plante
Zone1		<p>Espèce : Trifolium pratense</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Fabaceae • Ordre : Fabales • Classe : Magnoliopsida 	plante
Zone1		<p>Espèce : Kali tragus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille Amaranthaceae • Ordre : Caryophyllales • Classe : Magnoliopsida 	plante

Zone1		<p>Espèce : Kali tragus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille Amaranthaceae • Ordre : Caryophyllales • Classe : Magnoliopsida 	plante
Zone1		<p>Espèce : Asphodelus fistulosus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille :Asphodelaceae • Ordre : Asparagales • Classe : Liliopsida 	plante
Zone1		<p>Espèce : Nicotiana glauca</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Solanaceae • Ordre : Solanales • Classe : Magnoliopsida 	plante
Zone1		<p>Espèce : Acacia confusa</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Fabaceae • Ordre : Fabales • Classe : Magnoliopsida 	plante

Zone1		<p>Espèce : <i>Acacia confusa</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Fabaceae • Ordre : Fabales • Classe : Magnoliopsida 	plante
Zone1		<p>Espèce : <i>Acacia dealbata</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Fabaceae • Ordre : Fabales • Classe : Magnoliopsida 	plante
Zone1		<p>Espèce : <i>Urtica dioica</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Urticaceae • Ordre : Rosales • Classe : Magnoliopsida 	plante
Zone1		<p>Espèce : <i>Searsia lancea</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Anacardiaceae • Ordre : Sapindales • Classe : Magnoliopsida 	plante

Zone1		Espèce : Juniperus communis • Famille : Cupressaceae • Ordre : Pinales • Classe : Pinopsida	plante
-------	---	--	--------

Analyse :

La Zone 1 se caractérise par une couverture végétale relativement dense, dominée par l'espèce Ficoïde glaciale (*Mesembryanthemum crystallinum*).

Les observations réalisées lors des deux sorties de terrain ont également montré une augmentation du couvert végétal, traduisant une évolution positive de la végétation au cours de la période d'étude.

Par ailleurs, la présence de divers déchets, notamment du plastique, du verre et des débris de construction, reflète l'influence des activités humaines sur cette zone. Ces pressions peuvent affecter la répartition des espèces végétales et perturber l'équilibre écologique du milieu à long terme.

D'une manière générale, la Zone 1 présente un couvert végétal plus développé que certaines autres zones étudiées, ce qui suggère des conditions relativement favorables au développement de la flore malgré la présence de certaines formes de dégradation liées aux activités anthropiques.

➤ Zone 2 :

Tableau 12 : Inventaire de la flore dans la zone d'étude 2 :

Zone	Photo	Espèce/identification	Type
Zone 2		<p>Espèce : <i>Artemisia vulgaris</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Asteraceae • Ordre : Asterales • Classe : Magnoliopsida 	Plante
Zone 2		<p>Espèce : <i>Beta vulgaris</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Amaranthaceae • Ordre : Caryophyllales • Classe : Magnoliopsida 	Plante
Zone 2		<p>Espèce : <i>Glebionis coronaria</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Asteraceae • Ordre : Asterales • Classe : Magnoliopsida 	Plante
Zone 2		<p>Espèce : <i>Salicornia europaea</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Amaranthaceae • Ordre : Caryophyllales • Classe : Magnoliopsida 	Plante

Zone 2		<p>Espèce : Suaeda nigra</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Amaranthaceae • Ordre : Caryophyllales • Classe : Magnoliopsida 	Plante
Zone 2		<p>Espèce : Buisson de caille</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Amaranthaceae • Ordre : Caryophyllales • Classe : Magnoliopsida 	Plante
Zone 2		<p>Espèce : Soude maritime</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Amaranthaceae • Ordre : Caryophyllales • Classe : Magnoliopsida 	Plante
Zone 2		<p>Espèce : Estragon</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Asteraceae • Ordre : Asterales • Classe : Magnoliopsida 	Plante

Zone 2		<p>Espèce : Roseau commun</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Poaceae • Ordre : Poales • Classe : Liliopsida 	Plante
Zone 2		<p>Espèce : Roseau commun</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Poaceae • Ordre : Poales • Classe : Liliopsida 	Plante
Zone 2		<p>Espèce : Salicorne de Virginie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Amaranthaceae • Ordre : Caryophyllales • Classe : Magnoliopsida 	Plante
Zone 2		<p>Espèce : Soude maritime</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Amaranthaceae • Ordre : Caryophyllales • Classe : Magnoliopsida 	Plante

Zone 2		Espèce : Groseillier de ceylan • Famille : Phyllanthaceae • Ordre : Malpighiales • Classe : Magnoliopsida	Plante
Zone 2		Espèce : Oseille crépue • Famille : Polygonaceae • Ordre : Caryophyllale • Classe : Magnoliopsida	Plante
Zone 2		Espèce : Ficoïde glaciale • Famille : Aizoaceae • Ordre : Caryophyllales • Classe : Magnoliopsida	Plante

Analyse :

La zone 2 se caractérise par une faible diversité végétale par rapport aux autres zones étudiées. Lors de la première sortie, les observations de terrain ont mis en évidence un sol mou, une forte odeur ainsi que la présence d'eaux usées à proximité du site, traduisant une dégradation des conditions environnementales.

Lors de la deuxième sortie, une augmentation de l'intensité des odeurs a été observée, ce qui confirme la persistance des perturbations dans cette zone. Ces conditions défavorables, principalement liées à la pollution, peuvent limiter le développement et la répartition des espèces végétales.

Le couvert végétal est dominé par le Roseau commun (*Phragmites australis*).

Ainsi, la faible richesse floristique de la zone 2 reflète l'influence des facteurs de dégradation au niveau de ce secteur.

➤ Zone 3 :

Tableau 13 : Inventaire de la flore dans la zone d'étude 3 :

Zone	Photo	Especes/identification	Type
Zone 3		<p>Espèce : Buisson de caille</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Amaranthaceae • Ordre : Caryophyllales • Classe : Magnoliopsida 	Plante
Zone 3		<p>Espèce : Concombre d'âne</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Cucurbitaceae • Ordre : Cucurbitales • Classe : Magnoliopsida 	Plante
Zone 3		<p>Espèce : Ficoïde glaciale</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Aizoaceae • Ordre : Caryophyllales • Classe : Magnoliopsida 	Plante

Zone 3		Espèce : Oxalis des Bermudes • Famille : Oxalidaceae • Ordre : Oxalidales • Classe : Magnoliopsida	Plante
Zone 3		Espèce : Grande ortie • Famille : Urticaceae • Ordre : Rosales • Classe : Magnoliopsida	Plante
Zone 3		Espèce : Passepierre • Famille : Amaranthaceae • Ordre : Caryophyllales • Classe : Magnoliopsida	Plante
Zone 3		Espèce : Ficoïde glaciale • Famille : Aizoaceae • Ordre : Caryophyllales • Classe : Magnoliopsida	Plante

Analyse :

La zone 3 présente une végétation de diversité moyenne. Lors de la première sortie, les observations de terrain ont montré un sol de texture moyenne, accompagné d'une odeur désagréable à proximité du lac.

Lors de la deuxième sortie, aucune évolution notable n'a été observée, les conditions du sol et de la végétation restant globalement stables.

Le couvert végétal de cette zone est dominé par la Ficoïde glaciale (*Mesembryanthemum crystallinum*).

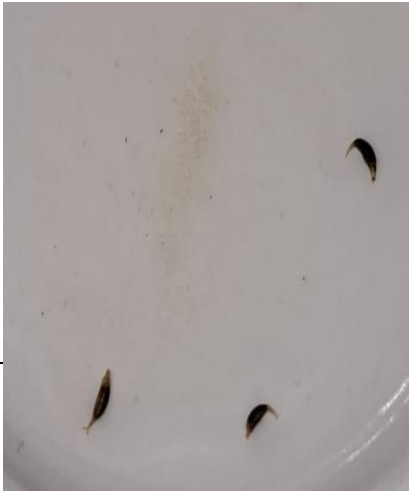
On note également la présence de différents déchets sur le site, tels que du carton, des boîtes, des bouteilles en plastique, du verre ainsi que des restes d'animaux.

Ainsi, la zone 3 reflète une situation écologique intermédiaire, caractérisée par une végétation de niveau moyen et des pressions d'origine humaine.

I.2. Inventaire et analyse de la faune entomologique selon les zones d'étude :

Les résultats présentés ci-dessous concernent l'inventaire des insectes capturés à l'aide des pièges de Barber installés au niveau des trois zones d'étude.

Tableau 14 : Inventaire de la faune entomologique (première sortie) :

ZONE	Photo	Identification	Type
01		Espèce : <i>Culicoides mahasarakhamense</i> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : Ceratopogonidae • Ordre : Diptera (mouches) • Classe : Insecta 	Animalia
01		Espèce : <i>Ostearius</i> <ul style="list-style-type: none"> • Famille: Linyphiidae • Ordre : Araneae • Classe : Arachnida 	Animalia
01		Espèce : <i>Musca domestica</i> <ul style="list-style-type: none"> • Classe : Insecta • Ordre : Diptera • Famille : Muscidae 	Animalia

01		<p>Espèce : <i>Piophila casei</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe : Insecta • Ordre : Diptera • Famille : Piophilidae 	Animalia
01		<p>Espèce : <i>Loricera</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe : Insecta • Ordre : Coleoptera (coléoptères) • Famille : Carabidae 	Animalia

ZONE	Photo	Identification	Type
02		<p>Espèce: <i>Piophila casei</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe : Insecta • Ordre : Diptera • Famille : Piophilidae 	Animalia

02		<p>Espèce: Culicoides mahasarakhamense.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe : Insecta • Ordre : Diptera (mouches) • Famille : Ceratopogonidae 	Animalia
02		<p>Espèce : Ellipteroides alboscuteatus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe : Insecta • Ordre : Diptera (mouches) • Famille : Limoniidae (tipules limoniidés) 	Animalia
02		<p>Espèce : mouche muscidae</p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe : Insecta • Ordre : Diptera • Famille : Muscidae 	Animalia

02		<p>Espèce: Loricera</p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe : Insecta • Ordre : Coleoptera • Famille : Carabidae 	Animalia
02		<p>Espèce: Spartaesus spinimanus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe : Arachnida • Ordre : Araneae • Famille : Salticidae 	Animalia

ZONE	Photo	Identification	Type
03		<p>Remarque : restes de chrysalide ont été observés après l'émergence du papillon, permettant l'identification de l'espèce.</p> <p>Espèce : <i>Aglais urticae</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe : Insecta • Ordre : Lepidoptera • Famille : Nymphalidae 	Animalia
03		<p>Espèce: mouche muscidae</p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe : Insecta • Ordre : Diptera (mouches) • Famille : Muscidae 	Animalia
03		<p>Nom d'insecte : mouche muscidae</p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe : Insecta • Ordre : Diptera (mouches) • Famille : Muscidae 	Animalia

03		<p>Espèce: Les Thomisidae (araignées-crabes)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe : Arachnida • Ordre : Araneae (araignées) • Famille : Thomisidae Sundevall, 1833 	Animalia
03		<p>Espèce: Sclerodermus domesticus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe : Insecta • Ordre : Hymenoptera • Famille : Bethylinidae 	Animalia
03		<p>Espèce: Staphylinus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe: Insecta • Ordre : Coleoptera • Famille : Staphylinidae 	<u>Animalia</u>

03		<p>Nom d'insecte : <i>Musca domestica</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe : Insecta • Ordre : Diptera • Famille : Muscidae 	Animalia
03		<p>Remarque : ces insectes sont encore à leurs premiers stades de développement.</p> <p>Espèce: <i>Musca domestica</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe: Insecta • Ordre : Diptera • Famille : Muscidae 	Animalia

I.2.1 Résultats de l'inventaire entomologique – première sortie :

L'inventaire entomologique réalisé lors de la première sortie a permis d'identifier plusieurs espèces appartenant à différents groupes taxonomiques. Les espèces recensées comprennent notamment *Culicoides mahasarakhamense*, *Musca domestica*, *Piophilidae casei*, *Loricera*, *Aglais urticae*, ainsi que plusieurs espèces d'araignées.

Les résultats montrent une faune entomologique diversifiée, dominée par les Diptères, les Coléoptères, les Lépidoptères et les Aranéides. Les espèces identifiées sont présentes dans les trois zones étudiées, ce qui suggère une répartition relativement équilibrée de la biodiversité à l'échelle du site.

Tableau 15 : Inventaire de la faune entomologique (deuxième sortie) :

ZONE	Photo	Identification	Type
02		<p>Espèce : messor capitatus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : formicidae • Ordre : hymenoptera • Classe : insecta 	Animalia
02		<p>Espèce : erigonella</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille: linyphiidae • Ordre : araneae • Classe : arachnida 	Animalia
02		<p>Espèce : ostearius</p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe: arachnida • Ordre : araneae • Famille : linyphiidae 	Animalia

02		<p>Espèce : asagena</p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe : arachnida • Ordre : araneae • Famille : theridiidae 	Animalia
02		<p>Espèce: Piophila casei</p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe : Insecta • Ordre : Diptera • Famille : Piophilidae 	Animalia
02		<p>Espèce: raphidophoridae</p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe : insecta • Ordre : orthoptera • Famille : raphidophoridae 	Animalia

02		<p>Espèce : neoramia matua</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : stiphidiidae • Ordre : araneae • Classe : arachnida 	Animalia
02		<p>Espèce : otiorhynchus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille: curculionidae • Ordre : coleoptera • Classe : insecta 	Animalia

02		<p>Espèce : iridomyrmex</p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe: insecta • Ordre : hymenoptera • Famille : formicidae 	Animalia
----	---	--	----------

ZONE	Photo	Identification	Type
01		<p>Espèce : cernuella</p> <ul style="list-style-type: none"> • Famille : geomitridae • Ordre : stylommatophora • Classe : gastropoda 	Animalia
01		<p>Espèce : Loricera</p> <ul style="list-style-type: none"> • Classe : Insecta • Ordre : Coleoptera (coléoptères) • Famille : Carabidae 	Animalia

01		Espèce : <i>cydia araucariae</i> <ul style="list-style-type: none"> • Classe: insecta • Ordre : lepidoptera • Famille : tortricidae 	Animalia
01		Espèce : <i>Myrmecia simillima</i> <ul style="list-style-type: none"> • Classe : insecta • Ordre : hymenoptera • Famille : formicidae 	Animalia

I.2.2 Résultats de l'inventaire entomologique de la deuxième sortie :

L'inventaire de la faune entomologique réalisé lors des deux sorties de terrain a permis de mettre en évidence une diversité relativement importante des organismes recensés au niveau des zones étudiées. Les espèces identifiées appartiennent à plusieurs groupes taxonomiques, notamment les Diptères, les Coléoptères, les Hyménoptères, les Lépidoptères, les Orthoptères ainsi que les Araignées.

Les résultats montrent une augmentation de la richesse faunistique observée lors de la deuxième sortie. Cette évolution peut être liée aux variations saisonnières ainsi qu'au développement de la végétation observée sur certaines zones du site, offrant davantage d'abris et de ressources alimentaires aux insectes. Cette observation concorde également avec les constats effectués sur le terrain, où une augmentation de l'activité des insectes a été signalée lors de la deuxième campagne d'échantillonnage.

La présence simultanée de plusieurs ordres d'insectes et d'araignées traduit l'existence d'une diversité biologique non négligeable au sein du site étudié. Toutefois, la répartition des espèces reste influencée par les conditions environnementales locales, notamment la végétation, l'humidité, l'état du sol ainsi que les perturbations d'origine anthropique observées dans certaines zones.

I.3 Faune aviaire observée :

Lors des deux sorties de terrain réalisées dans la zone d'étude, des flamants roses (*Phoenicopterus roseus*) ont été observés. Leur nombre était plus élevé lors de la première sortie que lors de la deuxième, où une diminution a été constatée.

Cette variation pourrait être liée aux conditions du milieu, notamment la disponibilité des ressources alimentaires ou certaines perturbations temporaires.



Figure 34 : Flamants roses observés dans les zones humides (image illustrative).

II. Indicateurs d'impact :

L'étude des indicateurs d'impact menée autour du Petit Lac d'Oran visait à faire le point sur l'état écologique du site et à identifier les principales perturbations qui pourraient affecter la biodiversité locale.

Pour ça, on s'est appuyé sur différents paramètres climatiques et physico-chimiques : la température, les précipitations, la qualité de l'eau, ainsi que les observations réalisées lors des sorties sur le terrain.

Les résultats obtenus aident à mieux saisir les liens entre les conditions naturelles, les activités humaines et l'évolution de la biodiversité dans les différentes zones étudiées.

II.1 Impact des facteurs climatiques :

L'analyse des données climatiques enregistrées entre 1996 et 2026 pour les températures et les précipitations, ainsi qu'entre 1996 et 2005 pour les autres paramètres climatiques, montre que le Petit Lac d'Oran est soumis à un climat semi-aride caractérisé par des températures élevées, une faible pluviométrie et une forte évaporation. Ces paramètres climatiques influencent directement l'état des zones humides et les conditions écologiques du lac.

II.1.1 Température :

L'analyse des températures enregistrées entre 1996 et 2026 au niveau de la station météorologique d'Oran Es-Sénia montre une variation thermique importante entre les saisons hivernale et estivale.

Tableau 16 : Variation des températures hivernales enregistrées entre 1996 et 2026 au niveau de la station météorologique d'Oran Es-Sénia :

ANNEE	T moyenne hiver °C
1996	12.3
1997	12.5
1998	12 .5
1999	10.5
2000	10.7
2001	11.9
2002	11.16
2003	11.76
2004	12 .13
2005	9.6
2006	12.6
2007	12.4
2008	12.6
2009	13.2
2010	12.8
2011	12.9
2012	12.8
2013	13.1
2014	13.6
2015	13.9
2016	14
2017	14
2018	14.1
2019	14.4
2020	14.2
2021	14.4
2022	14.9
2023	14.9
2024	15.1
2025	15.3
2026	15.4

Les résultats présentés dans les tableaux montrent que les températures moyennes hivernales varient entre 9,6 °C (en 2005) et 15,4 °C (en 2026). Les températures hivernales ont connu une augmentation progressive au cours de la période d'étude. Malgré cette évolution, elles restent relativement modérées et contribuent au maintien de l'humidité des sols et des zones humides.

Dans les milieux naturels humides, des températures hivernales modérées permettent généralement :

- Une meilleure conservation des eaux ;
- Une réduction de l'évaporation;
- Ainsi que des conditions plus favorables au développement de certaines espèces végétales et animales.

Cependant, les températures estivales deviennent nettement plus élevées. Les températures moyennes estivales enregistrées entre 1996 et 2026 varient entre 23,6 °C et 29,1 °C, tandis que les températures maximales dépassent fréquemment 30 °C et atteignent leurs valeurs les plus élevées au cours des dernières années.

Tableau 17 : Variation des températures Estivales enregistrées entre 1996 et 2026 au niveau de la station météorologique d'Oran Es-Sénia :

ANNEE	T moyenne été °C
1996	24
1997	23.6
1998	24.5
1999	25
2000	24.6
2001	25
2002	24.3
2003	26.3
2004	25.5
2005	25.3
2006	25.2
2007	24.7
2008	25.6
2009	25.9
2010	25.3
2011	25.7
2012	26
2013	26.3
2014	26.7
2015	27
2016	27.2
2017	26.9
2018	27.5
2019	27.8
2020	27.3
2021	28
2022	28.5
2023	28.4
2024	28.8
2025	29.1
2026	29

Scientifiquement, dans les zones humides, des températures aussi élevées favorisent :

- Une augmentation importante de l'évaporation ;
- Une diminution du niveau des eaux ;
- Le dessèchement progressif du milieu ;
- Ainsi qu'une augmentation de la salinité.

Les résultats montrent également une augmentation progressive des températures estivales durant certaines années, notamment entre 2014 et 2026. Cette évolution thermique peut accentuer les phénomènes de sécheresse observés au niveau du Petit Lac d'Oran.

Les observations réalisées sur le terrain confirment l'influence de ces conditions climatiques. Certaines zones présentaient:

- Une stagnation des eaux;
- Un assèchement partiel du sol ;
- Une diminution locale de la végétation ;
- Ainsi qu'une dégradation visible du milieu naturel.

L'ensemble de ces résultats montre que la température constitue un facteur climatique majeur influençant directement l'équilibre écologique du Petit Lac d'Oran ainsi que les conditions de développement de la biodiversité locale.

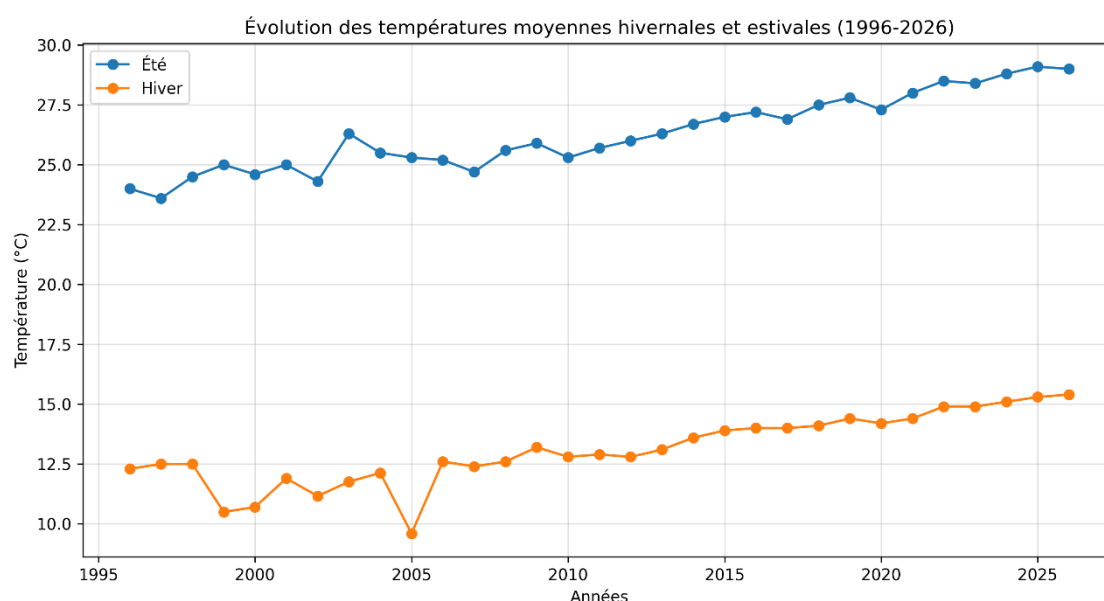


Figure 35: Évolution des températures moyennes hivernales et estivales enregistrées entre 1996 et 2026 au niveau de la station météorologique d'Oran Es-Sénia.

Les observations réalisées lors des deux sorties de terrain effectuées en février et en mai 2026 montrent une variation des conditions écologiques du Petit Lac d'Oran en fonction de l'évolution saisonnière des températures.

La sortie réalisée au mois de février correspond à une période hivernale caractérisée par des températures relativement faibles et une humidité plus importante. Durant cette sortie, une présence importante des flamants roses a été observée ainsi qu'une activité biologique relativement plus visible dans certaines zones humides du lac.

En revanche, la sortie effectuée au mois de mai montre une augmentation progressive des températures accompagnée d'un début d'assèchement de certaines zones. Une diminution du nombre des flamants roses a également été remarquée comparativement à la sortie hivernale.

Cette évolution peut être liée à l'augmentation des températures printanières et à l'augmentation de l'évaporation, qui favorisent progressivement le dessèchement du milieu naturel et la modification des conditions écologiques du site étudié.

Les observations de terrain confirment ainsi l'influence des facteurs climatiques sur l'évolution de la biodiversité et sur la répartition des espèces observées au niveau du Petit Lac d'Oran.

II.1.2. Précipitations :

L'analyse des précipitations enregistrées entre 1996 et 2026 au niveau de la station météorologique d'Oran Es-Sénia montre une forte variation saisonnière entre la période hivernale et la période estivale.

Tableau 18 : Variation des précipitations hivernales et estivales enregistrées entre 1996 et 2026 au niveau de la station météorologique d'Oran Es-Sénia :

ANNEE	Précipitations hiver (mm)	Précipitations été (mm)
1996	54.73	0.7
1997	42.9	3.1
1998	27.9	0.74
1999	55.7	0.1
2000	26.6	0
2001	66.2	0
2002	10.6	6.4
2003	54.2	0.7
2004	45.26	1.3
2005	47.1	2.6
2006	66.6	2.6
2007	60.3	2.6
2008	67	4.3
2009	69	2.3
2010	72.6	6
2011	66.6	2.3
2012	55	1.6
2013	64.6	4

2014	68.6	3
2015	76	6
2016	78.3	3.6
2017	68.3	2.3
2018	73.6	4.6
2019	75.6	3.3
2020	82.3	6
2021	73	2
2022	51	1.3
2023	51.3	1.6
2024	50.3	1.3
2025	51	1.6
2026	55	2.6

Les résultats obtenus montrent une différence importante entre les précipitations hivernales et estivales enregistrées au niveau du Petit Lac d'Oran entre 1996 et 2026. Les précipitations hivernales restent globalement plus élevées comparativement à la saison estivale, avec des valeurs variant entre 10,6 mm et 82,3 mm. Les valeurs les plus importantes ont été enregistrées en 2020 (82,3 mm), tandis que l'année 2002 présente la valeur hivernale la plus faible (10,6 mm).

Dans les écosystèmes humides naturels, les précipitations hivernales jouent un rôle fondamental dans le renouvellement des eaux superficielles, le maintien de l'humidité du sol ainsi que le développement de la végétation. Une pluviométrie relativement importante favorise également la stabilité écologique du milieu et améliore les conditions de développement de plusieurs espèces animales et végétales.

Les observations réalisées durant la sortie de février 2026 montrent effectivement des conditions écologiques relativement plus favorables. Certaines zones humides présentaient une humidité plus importante ainsi qu'une couverture végétale relativement plus développée. La présence d'eau dans plusieurs secteurs du lac favorisait également une activité biologique plus visible au niveau du site étudié.

En revanche, les précipitations estivales restent extrêmement faibles durant la majorité des années étudiées. Les valeurs enregistrées varient entre 0 mm et 6,4 mm, et deviennent parfois nulles, notamment durant les années 2000 et 2001. Cette situation traduit une forte sécheresse estivale caractéristique du climat semi-aride de la région d'Oran.

Scientifiquement, lorsque les précipitations diminuent fortement durant les périodes chaudes, plusieurs modifications écologiques apparaissent progressivement :

- Augmentation de l'évaporation.
- Diminution des eaux superficielles.
- Dessèchement progressif du sol.
- Augmentation de la salinité.
- Stagnation des eaux.
- Concentration des polluants.
- Ainsi qu'une dégradation progressive des habitats naturels.

Les observations effectuées durant la sortie de mai 2026 confirment clairement cette évolution écologique. Plusieurs zones présentaient un début d'assèchement accompagné d'une diminution de l'humidité du milieu. Certaines parties du lac montraient également une stagnation des eaux ainsi qu'une dégradation visible du couvert végétal dans les zones les plus perturbées.

L'augmentation progressive des températures printanières associée à la diminution des précipitations favorise également une évaporation plus importante, ce qui accentue progressivement les phénomènes de sécheresse observés au niveau du Petit Lac d'Oran. Ces conditions deviennent moins favorables pour certaines espèces sensibles et contribuent progressivement à la modification de l'équilibre écologique du milieu naturel.

L'ensemble de ces résultats montre que les précipitations constituent un facteur climatique majeur influençant directement l'état écologique du Petit Lac d'Oran. La diminution des pluies durant les périodes chaudes associée à l'augmentation des températures favorise le dessèchement progressif du milieu et influence directement le développement ainsi que la répartition de la biodiversité locale.

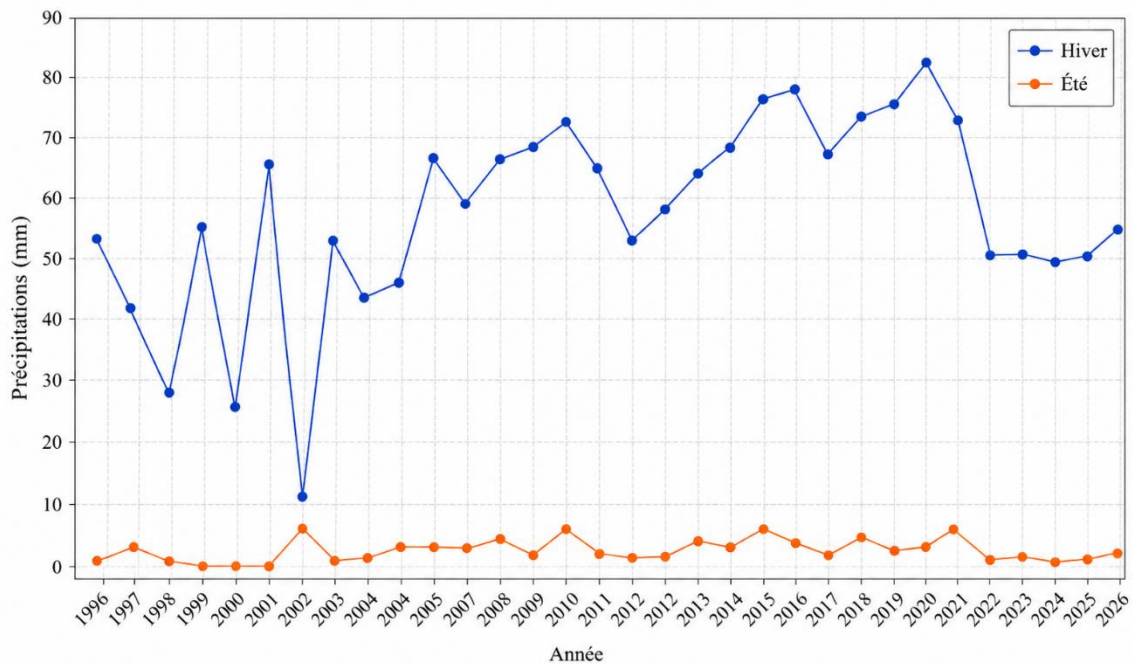


Figure 36 : Évolution des précipitations hivernales et estivales enregistrées entre 1996 et 2026 au niveau de la station météorologique d'Oran Es-Sénia.

II.1.3. Humidité :

L'humidité constitue un facteur climatique important dans le fonctionnement des zones humides, car elle influence directement l'humidité du sol, la stabilité des eaux superficielles ainsi que le développement de la végétation. Afin d'évaluer l'influence de ce paramètre climatique sur le Petit Lac d'Oran, les données d'humidité enregistrées entre 1996 et 2005 au niveau de la station météorologique d'Oran Es-Sénia ont été analysées.

Tableau 19 : Variation de l'humidité hivernale et estivale enregistrée entre 1996 et 2005 au niveau de la station météorologique d'Oran Es-Sénia :

ANNEE	Moy de l'humidité hiver (%)	Moy de l'humidité été (%)
1996	75.5	68.3
1997	79	66.6
1998	80.3	67.3
1999	78	66.3
2000	79	66.3
2001	79	63.6
2002	75.6	65.6
2003	75.3	64.3
2004	75.3	64
2005	75.6	64

Les résultats obtenus indiquent que l'humidité hivernale reste relativement élevée durant l'ensemble des années étudiées, avec des valeurs variant entre 75.3 % et 80.3 %. Les taux les plus importants ont été enregistrés en 1998, traduisant des conditions climatiques relativement favorables au maintien des zones humides.

En revanche, les valeurs de l'humidité estivale restent plus faibles et varient entre 63.6 % et 68.3 %. Cette diminution de l'humidité durant les périodes chaudes traduit l'influence du climat semi-aride caractérisant la région d'Oran.

Dans les milieux humides naturels, l'humidité joue un rôle important dans la stabilité écologique du milieu, notamment par le maintien de l'humidité du sol et l'amélioration des conditions de développement de la végétation.

Les observations réalisées lors des sorties de terrain montrent également une différence entre les périodes étudiées. Durant la sortie effectuée en février 2026, certaines zones présentaient des conditions plus humides avec une meilleure conservation des eaux superficielles. En revanche, durant la sortie réalisée au mois de mai 2026, une diminution progressive de l'humidité du milieu a été observée dans plusieurs zones du site étudié.

L'ensemble de ces résultats montre que l'humidité constitue un paramètre climatique important influençant les conditions écologiques générales du Petit Lac d'Oran.

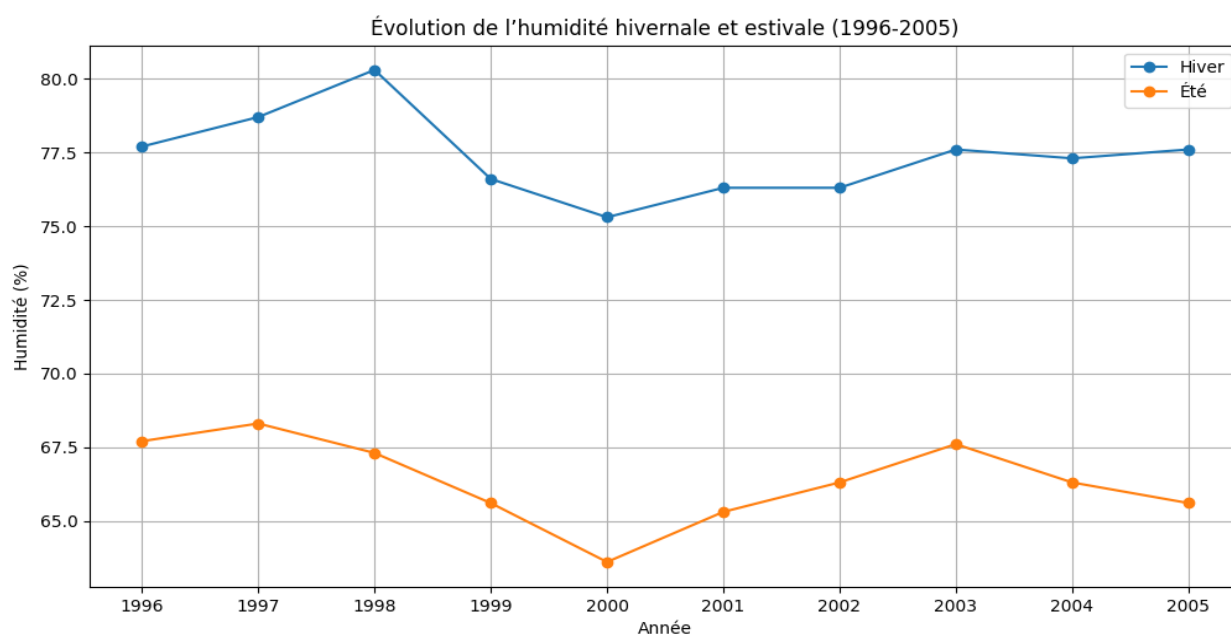


Figure 37 : Évolution de l'humidité hivernale et estivale enregistrée entre 1996 et 2005 au niveau de la station météorologique d'Oran Es-Sénia.

II.1.4. Évaporation :

L'évaporation constitue un facteur climatique essentiel dans le fonctionnement écologique des zones humides, particulièrement dans les régions caractérisées par un climat semi-aride comme la région d'Oran. Ce paramètre influence directement la disponibilité de l'eau, l'évolution des surfaces humides ainsi que les caractéristiques physico-chimiques du milieu naturel.

Tableau 20 : Variation de l'évaporation hivernale et estivale enregistrée entre 1996 et 2005 au niveau de la station météorologique d'Oran Es-Sénia :

ANNEE	Moy d'Evap hiver (mm)	Moy d'evap été (mm)
1996	80.1	182.7
1997	71.26	185.6
1998	66.5	190.4
1999	67.26	183.53
2000	64.7	149.4
2001	57.1	162.6
2002	38.46	123
2003	55.7	121.26
2004	52.14	124.6
2005	46.3	123.76

Les résultats présentés dans le tableau 2.5 montrent une différence très importante entre l'évaporation hivernale et estivale enregistrée entre 1996 et 2005 au niveau de la station météorologique d'Oran Es-Sénia.

Les valeurs de l'évaporation hivernale restent relativement modérées durant les différentes années étudiées, avec des valeurs variant entre 38.46 mm et 80.1 mm. Les valeurs les plus faibles ont été enregistrées en 2002, tandis que les plus élevées ont été observées en 1996. Durant la saison hivernale, les températures relativement faibles ainsi que l'humidité plus importante limitent généralement l'intensité de l'évaporation et favorisent une meilleure conservation des eaux superficielles.

En revanche, les résultats montrent une augmentation très importante de l'évaporation durant la période estivale. Les valeurs enregistrées dépassent largement celles de l'hiver et varient entre 121.26 mm et 190.4 mm. Les taux les plus élevés ont été enregistrés en 1998, ce qui traduit l'influence des fortes températures estivales et du climat sec caractérisant la région étudiée.

Dans les zones humides naturelles, une évaporation excessive entraîne progressivement plusieurs modifications écologiques importantes. L'augmentation de l'évaporation favorise la diminution des volumes d'eau présents au niveau du lac et contribue à la réduction des surfaces humides. Ce phénomène peut également provoquer une concentration plus importante des sels minéraux et des polluants dans certaines zones du milieu aquatique.

Les observations réalisées sur le terrain montrent également l'influence de ce facteur climatique sur l'état écologique du Petit Lac d'Oran. Lors de la sortie effectuée en février 2026, certaines zones conservaient encore une humidité relativement importante avec une présence plus visible des eaux superficielles. En revanche, durant la sortie réalisée au mois de mai 2026, plusieurs secteurs présentaient des signes de dessèchement progressif ainsi qu'une diminution de la quantité d'eau visible dans certaines zones.

L'augmentation progressive des températures au printemps associée à l'intensification de l'évaporation contribue donc à la fragilisation progressive du milieu naturel. Ces conditions peuvent modifier les caractéristiques écologiques du site et influencer les conditions de développement de certaines espèces végétales et animales observées au niveau du Petit Lac d'Oran.

Par ailleurs, la combinaison entre l'évaporation élevée, la faiblesse des précipitations et les différentes formes de pollution observées sur le terrain accentue davantage la dégradation écologique du site étudié.

L'ensemble de ces résultats montre que l'évaporation constitue un indicateur climatique majeur influençant directement l'équilibre hydrique et écologique du Petit Lac d'Oran. Son augmentation durant les périodes chaudes contribue progressivement à la dégradation des conditions naturelles du milieu et à la modification des caractéristiques écologiques des zones humides.

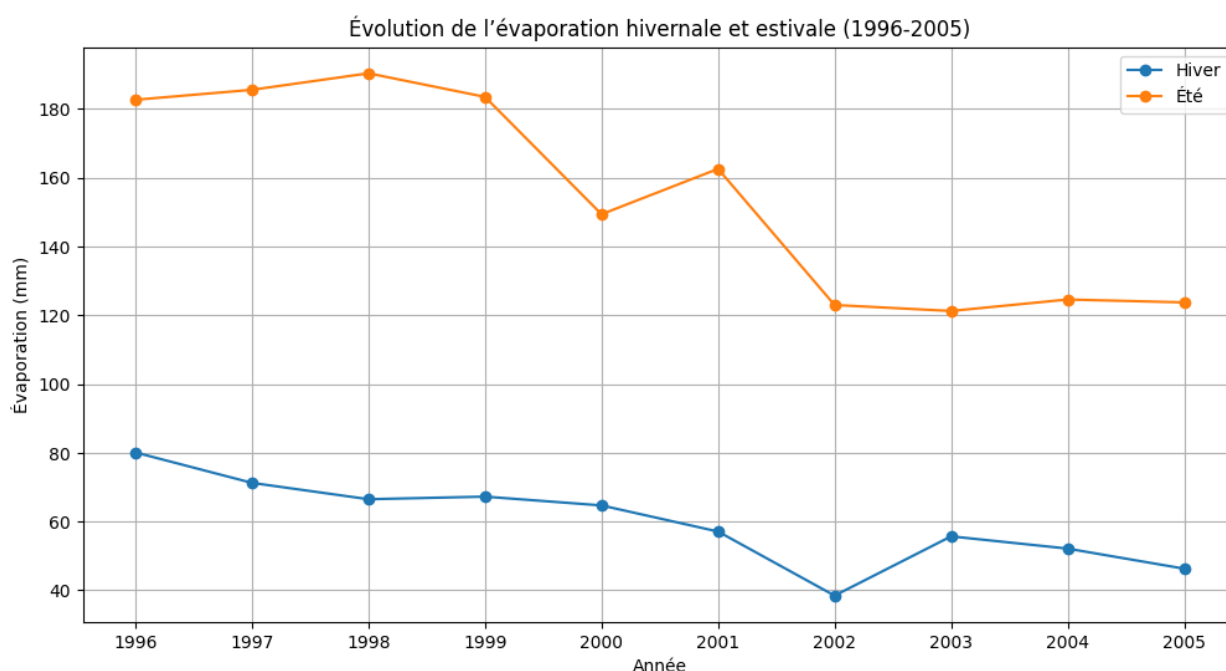


Figure 38 : Évolution de l'évaporation hivernale et estivale enregistrée entre 1996 et 2005 au niveau de la station météorologique d'Oran Es-Sénia.

III. Paramètres physico-chimiques de l'eau :

L'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau constitue une étape essentielle dans l'évaluation de l'état écologique des zones humides. Ces paramètres permettent d'apprécier la qualité des eaux et d'identifier les différentes formes de pollution susceptibles d'affecter le fonctionnement du milieu aquatique.

Dans le cadre de cette étude, plusieurs paramètres physico-chimiques ont été analysés au niveau des différentes zones du Petit Lac d'Oran, notamment le pH, la conductivité, l'oxygène dissous, le taux de saturation en oxygène, les huiles et graisses, les hydrocarbures totaux, le phosphore total (PT) ainsi que la demande chimique en oxygène (DCO).

Les résultats obtenus permettent d'évaluer l'influence des rejets polluants, des eaux usées et des perturbations anthropiques observées sur le terrain sur la qualité des eaux du site étudié.



Figure 39 : Échantillons d'eau prélevés au niveau des différentes zones du Petit Lac d'Oran pour les analyses physico-chimiques.

Tableau 21 : Variation des paramètres physico-chimiques des eaux du petit lac d'Oran au niveau des différentes zones étudiées :

Paramètre	Unité	Z1	Z2	Z3
Ph	/	7.8	7.1	7.5
Conductivité	m/cm	1.5	2	60
O ₂	Mg/l	0.5	2	1.5
%O ₂	%	7.5	15	9
Huile et graisses	Mg/l	12	15	38
Hydrocarbures totaux	Mg/l	505	505	505
PT	Mg/l	120	0.8	0.8
DCO	Mg/l	4020	620	1430

III.1 PH :

Le pH constitue un paramètre important dans l'évaluation de la qualité des eaux, puisqu'il permet de déterminer le caractère acide, neutre ou basique du milieu aquatique.

Les résultats obtenus montrent des valeurs de pH variant entre 7.1 et 7.8 dans les différentes zones étudiées du Petit Lac d'Oran.

La zone Z1 présente une valeur de pH de 7.8. Cette valeur indique un milieu légèrement basique. Scientifiquement, un pH relativement élevé peut-être influencé par l'accumulation des matières organiques, la stagnation des eaux ainsi que la concentration des substances dissoutes dans le milieu aquatique.

La zone Z2 présente une valeur de pH de 7.1, correspondant à un milieu proche de la

neutralité. Comparativement aux autres zones, cette valeur reste la plus faible. Cela peut traduire une différence locale des conditions physico-chimiques ou une influence moins importante de certains rejets polluants.

Concernant la zone Z3, la valeur enregistrée est de 7.5. Cette valeur traduit également un milieu légèrement basique, relativement proche des conditions observées dans la zone Z1.

D'une manière générale, les eaux naturelles présentent habituellement un pH compris entre 6.5 et 8.5. Les valeurs enregistrées dans les différentes zones restent donc globalement dans les limites considérées comme acceptables pour les milieux aquatiques.

Ainsi, le pH des eaux du Petit Lac d'Oran demeure globalement compatible avec les valeurs habituellement observées dans les milieux aquatiques naturels. Toutefois, les légères variations observées entre les zones peuvent être liées aux différences locales des conditions environnementales et à l'influence des activités anthropiques présentes sur le site étudié.

III.2 Conductivité :

La conductivité électrique constitue un paramètre important dans l'évaluation de la qualité des eaux, puisqu'elle permet d'estimer la quantité des sels minéraux et des substances dissoutes présentes dans le milieu aquatique.

Dans les eaux naturelles douces, les valeurs de la conductivité restent généralement inférieures à 1 mS/cm. Cependant, ces valeurs peuvent augmenter dans les zones humides salées ou dans les milieux affectés par différentes formes de pollution.

Les résultats obtenus au niveau des différentes zones du Petit Lac d'Oran montrent une variation importante de la conductivité entre les zones étudiées.

La zone Z1 présente une conductivité de 1.5 mS/cm. Cette valeur reste relativement élevée comparativement aux valeurs habituelles des eaux douces, ce qui traduit une présence notable des sels minéraux et des substances dissoutes dans cette zone.

Concernant la zone Z2, la conductivité enregistrée est de 2 mS/cm. Cette valeur traduit également une concentration relativement importante des substances dissoutes dans le milieu aquatique.

La zone Z3 présente une conductivité très élevée atteignant environ 60 mS/cm, représentant la valeur la plus importante parmi les différentes zones étudiées. Scientifiquement, une conductivité aussi élevée traduit généralement une forte concentration des sels minéraux, des matières dissoutes et des polluants dans l'eau. Cette situation peut être liée à l'évaporation importante, à la stagnation des eaux ainsi qu'aux apports des eaux usées observés sur le terrain.

Dans les milieux aquatiques naturels, une augmentation importante de la conductivité peut influencer les caractéristiques écologiques du milieu et perturber les conditions de développement de plusieurs espèces sensibles.

Les observations réalisées durant les sorties de terrain montrent également la présence de plusieurs sources potentielles de pollution pouvant expliquer les fortes valeurs enregistrées dans certaines zones, notamment les rejets des eaux usées, l'accumulation des déchets et la stagnation des eaux.

Ainsi, les résultats obtenus montrent que la conductivité constitue un indicateur important de la dégradation de la qualité des eaux au niveau du Petit Lac d'Oran.

III.3 Oxygène dissous :

L'oxygène dissous constitue un paramètre fondamental dans l'évaluation de la qualité des eaux, puisqu'il joue un rôle essentiel dans le maintien de la vie aquatique et le fonctionnement biologique des écosystèmes humides.

Dans les eaux naturelles de bonne qualité, les concentrations en oxygène dissous sont généralement supérieures à 5 mg/l. Des valeurs faibles traduisent souvent une dégradation de la qualité des eaux ainsi qu'un déficit important en oxygène disponible pour les organismes aquatiques.

Les résultats obtenus au niveau des différentes zones du Petit Lac d'Oran montrent des concentrations très faibles en oxygène dissous.

La zone Z1 présente une concentration d'environ 0.5 mg/l, représentant la valeur la plus faible parmi les différentes zones étudiées. Cette valeur traduit une forte dégradation de la qualité des eaux ainsi qu'un déficit important en oxygène.

Concernant la zone Z2, la concentration enregistrée atteint environ 2 mg/l. Malgré une légère augmentation comparativement à la zone Z1, cette valeur reste inférieure aux valeurs généralement observées dans les eaux naturelles équilibrées.

La zone Z3 présente une concentration intermédiaire d'environ 1.5 mg/l, traduisant également une mauvaise oxygénation du milieu aquatique.

Scientifiquement, la diminution importante de l'oxygène dissous peut être liée à plusieurs facteurs, notamment :

- la pollution organique.
- la décomposition des matières organiques.
- la stagnation des eaux.
- les rejets des eaux usées.
- ainsi que l'accumulation des polluants observés sur le terrain.

Dans les milieux aquatiques naturels, un déficit important en oxygène peut perturber le développement des organismes aquatiques et modifier progressivement l'équilibre écologique du milieu.

Les observations réalisées durant les sorties de terrain montrent également plusieurs signes de dégradation écologique, notamment la stagnation des eaux, les odeurs désagréables et l'accumulation des déchets dans certaines zones du site étudié.

Ainsi, les faibles concentrations en oxygène dissous enregistrées dans les différentes zones traduisent un état avancé de dégradation de la qualité des eaux du Petit Lac d'Oran.

III.4 Taux de saturation en oxygène (%O₂) :

Le taux de saturation en oxygène constitue un indicateur important permettant d'évaluer l'efficacité de l'oxygénation du milieu aquatique ainsi que la capacité des eaux à assurer des conditions favorables à l'activité biologique.

Dans les eaux naturelles équilibrées, le taux de saturation en oxygène dépasse généralement 70 %, traduisant une bonne qualité des eaux et un équilibre écologique relativement stable. En revanche, des valeurs faibles indiquent souvent une dégradation du milieu aquatique et une perturbation des conditions naturelles.

Les résultats obtenus au niveau du Petit Lac d'Oran montrent des taux de saturation en oxygène très faibles dans les différentes zones étudiées.

La zone Z1 présente le taux le plus faible avec une valeur d'environ 7.5 %. Cette valeur traduit une très mauvaise oxygénation des eaux dans cette zone et peut être liée à l'accumulation importante des matières organiques et à leur décomposition dans le milieu aquatique.

Concernant la zone Z2, le taux enregistré atteint environ 15 %. Bien que cette valeur soit légèrement supérieure à celles des autres zones, elle reste très inférieure aux valeurs normales observées dans les eaux naturelles équilibrées, traduisant ainsi une perturbation importante des conditions d'oxygénation.

La zone Z3 présente un taux d'environ 9 %, indiquant également une mauvaise qualité des eaux et une faible capacité du milieu à maintenir un équilibre satisfaisant en oxygène.

Ces faibles taux de saturation peuvent être expliqués par plusieurs facteurs environnementaux, notamment l'accumulation des matières organiques, les rejets des eaux usées, la stagnation des eaux ainsi que les différentes formes de pollution observées sur le terrain.

Par ailleurs, une faible saturation en oxygène peut perturber l'activité biologique des organismes aquatiques et contribuer progressivement à la dégradation de l'équilibre écologique du milieu.

Les observations réalisées durant les sorties de terrain confirment également cette dégradation, notamment par la présence d'eaux stagnantes et d'odeurs désagréables dans certaines parties du site étudié.

Ainsi, les résultats obtenus montrent que les faibles taux de saturation en oxygène traduisent un état avancé de dégradation des eaux du Petit Lac d'Oran.

III.5 Huiles et graisses :

Les huiles et graisses constituent des indicateurs importants de pollution des eaux, particulièrement dans les milieux affectés par les rejets domestiques, industriels ou urbains. Leur présence excessive dans les eaux peut perturber les échanges gazeux à la surface de l'eau et influencer négativement les conditions de vie des organismes aquatiques.

Dans les eaux naturelles peu polluées, les concentrations en huiles et graisses restent généralement très faibles et ne dépassent souvent pas quelques mg/l.

Les résultats obtenus au niveau des différentes zones du Petit Lac d'Oran montrent des concentrations relativement élevées en huiles et graisses.

La zone Z1 présente une concentration d'environ 12 mg/l, traduisant déjà une présence notable de substances grasses dans les eaux de cette zone.

Concernant la zone Z2, la concentration enregistrée atteint environ 15 mg/l, indiquant une augmentation de la charge polluante comparativement à la zone Z1.

La zone Z3 présente la valeur la plus élevée avec une concentration d'environ 38 mg/l. Cette valeur très importante traduit une forte contamination des eaux par les huiles et les matières grasses dans cette zone.

Scientifiquement, des concentrations élevées en huiles et graisses peuvent être liées aux rejets des eaux usées, aux activités humaines ainsi qu'à l'accumulation des polluants observée sur le terrain.

Dans les milieux aquatiques naturels, une accumulation importante des huiles et graisses peut réduire les échanges d'oxygène entre l'air et l'eau, accentuer le déficit en oxygène dissous et perturber progressivement l'équilibre écologique du milieu.

Les observations réalisées durant les sorties de terrain montrent également plusieurs sources potentielles de pollution, notamment les rejets polluants, les déchets et la stagnation des eaux dans certaines zones du site étudié.

Ainsi, les fortes concentrations en huiles et graisses enregistrées dans les différentes zones traduisent une dégradation importante de la qualité des eaux du Petit Lac d'Oran.

III.6 Hydrocarbures totaux :

Les hydrocarbures totaux constituent des indicateurs importants de pollution chimique des eaux. Leur présence dans les milieux aquatiques est généralement liée aux rejets industriels, aux eaux usées, aux activités urbaines ainsi qu'aux différentes formes de contamination d'origine anthropique.

Dans les eaux naturelles non polluées, les concentrations en hydrocarbures restent généralement très faibles. Des valeurs élevées traduisent souvent une pollution importante du milieu aquatique.

Les résultats obtenus au niveau des différentes zones du Petit Lac d'Oran montrent des concentrations très élevées en hydrocarbures totaux.

Les trois zones étudiées (Z1, Z2 et Z3) présentent des valeurs similaires d'environ 505 mg/l. Ces valeurs extrêmement élevées traduisent une contamination importante des eaux du site étudié par les hydrocarbures.

Scientifiquement, la présence d'hydrocarbures à des concentrations aussi importantes peut être liée aux rejets des eaux usées, aux activités humaines, aux déchets ainsi qu'à l'accumulation des polluants dans le milieu aquatique.

Dans les écosystèmes aquatiques naturels, les hydrocarbures peuvent provoquer plusieurs perturbations écologiques importantes. Ils peuvent réduire la pénétration de l'oxygène dans l'eau, perturber les échanges biologiques et affecter progressivement les organismes aquatiques sensibles.

Par ailleurs, certains hydrocarbures peuvent présenter une toxicité importante pour la faune et la flore aquatiques et contribuer à la dégradation progressive de la qualité écologique du milieu.

Les observations réalisées durant les sorties de terrain montrent également plusieurs signes de pollution compatibles avec les fortes concentrations enregistrées, notamment la présence de déchets, les eaux stagnantes et certaines traces visibles de pollution à la surface de l'eau.

Ainsi, les concentrations très élevées en hydrocarbures totaux enregistrées dans les différentes zones traduisent un état avancé de pollution chimique des eaux du Petit Lac d'Oran.

III.7 Phosphore total (PT) :

Le phosphore total (PT) constitue un paramètre important dans l'évaluation de la pollution des milieux aquatiques. Il représente l'ensemble des formes de phosphore présentes dans l'eau et joue un rôle essentiel dans le fonctionnement biologique des écosystèmes aquatiques.

Dans les eaux naturelles peu polluées, les concentrations en phosphore total restent généralement faibles et ne dépassent souvent pas 0.1 mg/l. En revanche, des concentrations élevées traduisent une pollution importante du milieu aquatique.

Les résultats obtenus au niveau des différentes zones du Petit Lac d'Oran montrent des variations importantes des concentrations en phosphore total.

La zone Z1 présente une concentration très élevée d'environ 120 mg/l. Cette valeur extrêmement importante traduit une forte pollution du milieu aquatique dans cette zone. Cette situation peut être liée aux rejets des eaux usées, à l'accumulation des matières organiques ainsi qu'aux différentes formes de pollution observées sur le terrain.

Concernant la zone Z2, la concentration enregistrée est d'environ 0.8 mg/l. Bien que cette valeur soit nettement inférieure à celle observée dans la zone Z1, elle reste supérieure aux

valeurs normales des eaux naturelles et traduit une présence notable de pollution nutritive dans cette zone.

La zone Z3 présente également une concentration d'environ 0.8 mg/l, indiquant une situation relativement similaire à celle observée dans la zone Z2.

Scientifiquement, des concentrations élevées en phosphore favorisent l'enrichissement excessif du milieu aquatique en éléments nutritifs, phénomène connu sous le nom d'eutrophisation. Cette situation apparaît généralement lorsque les eaux deviennent trop riches en éléments nutritifs, notamment le phosphore et l'azote, à cause des rejets des eaux usées, de la décomposition des matières organiques ou encore de l'accumulation des déchets dans le milieu aquatique.

L'eutrophisation provoque alors une prolifération excessive des algues et de certains micro-organismes dans les eaux. Par exemple, le développement important des algues peut limiter la pénétration de la lumière dans le milieu aquatique et perturber les échanges gazeux. De plus, la décomposition de ces organismes après leur mort consomme une grande quantité d'oxygène dissous.

Cette situation contribue progressivement à la diminution de l'oxygène dans les eaux, à l'apparition d'odeurs désagréables ainsi qu'à la dégradation de la qualité écologique du milieu aquatique.

Les observations réalisées durant les sorties de terrain montrent également plusieurs signes compatibles avec cette pollution nutritive, notamment la stagnation des eaux, l'accumulation des déchets et la dégradation de certaines zones du milieu naturel.

Ainsi, les fortes concentrations en phosphore total enregistrées dans certaines zones traduisent une pollution importante des eaux du Petit Lac d'Oran ainsi qu'une perturbation avancée de l'équilibre écologique du milieu aquatique.

III.8 Demande Chimique en Oxygène (DCO) :

La demande chimique en oxygène (DCO) constitue un indicateur important permettant d'évaluer la quantité de matières organiques et chimiques oxydables présentes dans les eaux. Ce paramètre est largement utilisé pour apprécier le niveau de pollution des milieux aquatiques.

Dans les eaux naturelles peu polluées, les valeurs de la DCO restent généralement faibles et dépassent rarement 25 à 40 mg/l. Des valeurs élevées traduisent souvent une pollution organique et chimique importante du milieu aquatique.

Les résultats obtenus au niveau des différentes zones du Petit Lac d'Oran montrent des valeurs très élevées de la DCO.

La zone Z1 présente une valeur extrêmement élevée d'environ 4020 mg/l. Cette concentration très importante traduit une forte charge en matières organiques et en polluants oxydables dans cette zone. Cette situation peut être liée aux rejets des eaux usées, à l'accumulation des déchets organiques ainsi qu'à la stagnation des eaux observée sur le terrain.

Concernant la zone Z2, la valeur enregistrée est d'environ 620 mg/l. Bien que cette valeur soit nettement inférieure à celle observée dans la zone Z1, elle reste très largement supérieure aux valeurs normales des eaux naturelles, traduisant une pollution importante du milieu aquatique.

La zone Z3 présente une valeur intermédiaire d'environ 1430 mg/l, indiquant également une forte dégradation de la qualité des eaux dans cette zone.

Scientifiquement, des valeurs élevées de la DCO indiquent une quantité importante de matières organiques et chimiques nécessitant une forte consommation d'oxygène pour leur dégradation. Cette situation contribue progressivement à la diminution de l'oxygène dissous dans les eaux et accentue la dégradation des conditions écologiques du milieu aquatique.

Par ailleurs, une DCO élevée peut favoriser plusieurs perturbations environnementales, notamment :

- la dégradation de la qualité des eaux.
- l'apparition d'odeurs désagréables.
- la perturbation de l'activité biologique.
- ainsi que la fragilisation des organismes aquatiques sensibles.

Les observations réalisées durant les sorties de terrain montrent également plusieurs signes compatibles avec cette forte pollution organique, notamment la stagnation des eaux, l'accumulation des déchets et la présence de rejets polluants dans plusieurs zones du site étudié.

Ainsi, les valeurs très élevées de la DCO enregistrées dans les différentes zones traduisent un état avancé de pollution organique et chimique des eaux du Petit Lac d'Oran.

III.9 Conclusion des paramètres physico-chimiques :

L'étude des paramètres physico-chimiques des eaux du Petit Lac d'Oran a mis en évidence un déséquilibre important du milieu aquatique, notamment au niveau de la qualité des eaux et des conditions d'oxygénation dans les différentes zones étudiées.

Les résultats obtenus montrent une augmentation notable de plusieurs indicateurs de pollution, tels que la conductivité électrique, les hydrocarbures totaux, le phosphore total ainsi que la demande chimique en oxygène (DCO), traduisant une accumulation importante des matières organiques et chimiques dans les eaux du site étudié.

En revanche, les faibles concentrations en oxygène dissous ainsi que les faibles taux de saturation en oxygène révèlent une faible capacité du milieu aquatique à maintenir des conditions écologiques favorables aux organismes vivants.

Par ailleurs, la comparaison entre les différentes zones étudiées montre une variation du degré de pollution, certaines zones présentant des valeurs particulièrement élevées, notamment pour la DCO et le phosphore total, ce qui traduit une influence variable des sources de pollution au niveau du Petit Lac d'Oran.

L'ensemble de ces résultats indique que le site étudié subit une pression environnementale croissante liée principalement aux rejets polluants, à l'accumulation des déchets et à la stagnation des eaux, contribuant progressivement à la dégradation de l'état écologique du milieu naturel.

IV. Impact des déchets et des perturbations anthropiques :

Les observations réalisées durant les sorties de terrain au niveau du Petit Lac d'Oran mettent en évidence une forte pression anthropique exercée sur le milieu naturel. Plusieurs formes de dégradation environnementale ont été observées dans différentes zones du site étudié.

Les images montrent une accumulation importante de déchets solides le long des berges et sur plusieurs parties asséchées du lac. Parmi les déchets observés figurent principalement des bouteilles en plastique, des sacs plastiques, des débris de construction, des morceaux de verre ainsi que différents déchets domestiques. Cette accumulation traduit une absence de gestion efficace des déchets dans certaines zones du site.



Figure 40 : Présence de déchets plastiques et de morceaux de verre au niveau du Petit Lac d'Oran.

Les observations de terrain montrent également la présence de remblais et de dépôts de gravats sur les rives du lac. Ces apports anthropiques modifient progressivement la structure naturelle du milieu humide et contribuent à la dégradation des habitats naturels.



Figure 41 : Présence de remblais et de dépôts de gravats sur Petit lac d'Oran.

Par ailleurs, plusieurs zones présentent des eaux stagnantes accompagnées de surfaces boueuses et de fissurations du sol liées à l'assèchement partiel du milieu. Cette situation peut être favorisée par les fortes températures, l'évaporation importante ainsi que la faible circulation des eaux observées au niveau du Petit Lac d'Oran.

La présence importante des déchets solides peut également favoriser la pollution physico-chimique des eaux. En effet, la décomposition des matières organiques et l'accumulation des polluants contribuent à l'augmentation de certains paramètres de pollution tels que la DCO, les hydrocarbures, les huiles et graisses ainsi que le phosphore total.

Les déchets plastiques et les différents polluants visibles sur le terrain peuvent aussi perturber le fonctionnement écologique du milieu aquatique et affecter les organismes vivants présents dans cette zone humide.

Malgré cette dégradation environnementale, certaines observations montrent encore la présence d'oiseaux au niveau du Petit Lac d'Oran, notamment les flamants roses observés dans certaines parties du site. Cela montre que le lac conserve encore un intérêt écologique important pour plusieurs espèces d'oiseaux aquatiques.

Les observations réalisées montrent également la présence d'une végétation halophile adaptée aux conditions salines du milieu. Toutefois, l'accumulation des déchets et les différentes perturbations anthropiques peuvent progressivement fragiliser cet équilibre écologique.

Ainsi, l'ensemble des observations de terrain met en évidence une dégradation progressive du Petit Lac d'Oran sous l'effet des activités humaines, des dépôts de déchets et des différentes formes de pollution affectant le fonctionnement écologique du milieu naturel.

V. Discussion générale :

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que le Petit Lac d'Oran subit aujourd'hui une dégradation environnementale progressive sous l'effet combiné des facteurs climatiques et des activités anthropiques. L'analyse des paramètres climatiques, physico-chimiques ainsi que les observations réalisées sur le terrain mettent en évidence un déséquilibre écologique affectant le fonctionnement naturel de cette zone humide.

L'étude climatique a montré que la région d'Oran est caractérisée par un climat semi-aride méditerranéen marqué par des températures élevées durant la saison estivale, une faible pluviométrie ainsi qu'une évaporation importante. Ces conditions climatiques favorisent progressivement l'assèchement du milieu et la diminution des surfaces humides observées au niveau du Petit Lac d'Oran. Les périodes de sécheresse et l'irrégularité des précipitations influencent directement la disponibilité de l'eau, la stabilité des habitats naturels ainsi que les conditions de développement des espèces végétales et animales présentes dans cette zone humide.

Les observations de terrain ont également permis de constater plusieurs signes de dégradation écologique, notamment l'apparition de sols fissurés, de surfaces asséchées et de zones à faible couverture végétale. Ces phénomènes traduisent l'impact des fortes températures et de l'évaporation sur l'équilibre hydrique du site. La réduction progressive de l'humidité du sol peut entraîner une fragilisation des habitats naturels et une diminution de certaines espèces sensibles aux variations environnementales.

Par ailleurs, l'étude physico-chimique des eaux révèle une altération importante de la qualité du milieu aquatique. Les fortes valeurs enregistrées pour certains paramètres, notamment la conductivité électrique, les hydrocarbures, le phosphore total ainsi que la demande chimique en oxygène (DCO), montrent l'existence d'une pollution organique et chimique importante au niveau du site étudié.

Les valeurs élevées de la conductivité traduisent une concentration importante des sels minéraux dans les eaux, situation souvent observée dans les zones humides soumises à une forte évaporation et à une faible circulation des eaux. Cette salinité élevée influence directement la composition de la végétation et favorise principalement le développement des espèces halophiles adaptées aux milieux salés.

Les fortes concentrations en phosphore total observées dans certaines zones indiquent également un enrichissement du milieu en éléments nutritifs. Ce phénomène peut favoriser l'eutrophisation des eaux, caractérisée par une prolifération excessive des algues et des micro-organismes. À long terme, cette situation entraîne une diminution de l'oxygène dissous et une perturbation de l'équilibre écologique du milieu aquatique.

Les faibles concentrations en oxygène dissous ainsi que les faibles taux de saturation en oxygène enregistrés dans plusieurs zones confirment cette dégradation de la qualité des eaux. La diminution de l'oxygène disponible peut avoir des conséquences importantes sur les organismes aquatiques, notamment les espèces sensibles nécessitant des conditions écologiques stables pour survivre.

Les fortes valeurs de DCO enregistrées dans certaines zones montrent également une accumulation importante de matières organiques et de polluants chimiques dans les eaux du lac. Cette situation peut être liée à la stagnation des eaux, aux rejets d'eaux usées ainsi qu'à l'accumulation des déchets observés sur le terrain. En effet, les matières organiques présentes dans les eaux consomment une quantité importante d'oxygène lors de leur décomposition, ce qui accentue davantage la dégradation du milieu aquatique.

Les observations réalisées durant les sorties de terrain confirment clairement ces résultats analytiques. Plusieurs formes de pollution et de perturbations anthropiques ont été observées dans les différentes zones du Petit Lac d'Oran.

Parmi les principales formes de dégradation observées figurent la présence importante de déchets plastiques, de bouteilles, de canettes, de morceaux de verre, de déchets de construction ainsi que des rejets d'eaux usées accompagnés de fortes odeurs.

L'accumulation des déchets solides sur les berges du lac modifie progressivement l'aspect naturel du paysage et contribue à la détérioration des habitats. Les déchets plastiques représentent également une source de pollution durable, car leur dégradation est très lente et ils peuvent libérer différentes substances polluantes dans le milieu.

La présence de remblais et de matériaux de construction observée sur plusieurs parties du site traduit également l'influence croissante des activités humaines et de l'urbanisation autour du Petit Lac d'Oran. La proximité des zones industrielles, des routes et des zones urbaines accentue les pressions exercées sur cet écosystème fragile.

Malgré cette situation de dégradation, les observations de terrain montrent que le Petit Lac d'Oran conserve encore une certaine richesse biologique. La présence du flamant rose ainsi que d'autres oiseaux d'eau observés durant les sorties de terrain témoigne encore de l'importance écologique de cette zone humide comme habitat et zone de repos pour plusieurs espèces migratrices.

La végétation halophile observée sur le site joue également un rôle écologique important. Ces plantes adaptées aux fortes concentrations en sel participent à la stabilisation des sols, à la limitation de l'érosion ainsi qu'au maintien de certains habitats naturels. Toutefois, l'augmentation des perturbations environnementales et des formes de pollution pourrait progressivement fragiliser cette biodiversité.

Les résultats obtenus dans cette étude montrent donc que les changements climatiques et les activités anthropiques agissent de manière complémentaire dans la dégradation du Petit Lac d'Oran. Les fortes températures, la diminution des ressources en eau et l'évaporation importante rendent le milieu plus vulnérable, tandis que les pollutions d'origine humaine aggravent davantage cette situation.

Ainsi, le Petit Lac d'Oran apparaît aujourd'hui comme un écosystème humide fragile soumis à de nombreuses pressions environnementales. La préservation de ce milieu nécessite la mise en place de mesures de protection et de gestion durable visant à limiter les sources de pollution, protéger les habitats naturels et préserver la biodiversité locale.

VI. Recommandations :

Afin de limiter la dégradation écologique du Petit Lac d'Oran et de préserver son importance environnementale, plusieurs recommandations peuvent être proposées :

- Mettre en place un système efficace de gestion et de collecte des déchets afin de réduire l'accumulation des déchets solides au niveau des berges et des différentes zones du lac.
- Renforcer le contrôle des rejets des eaux usées et limiter les différentes sources de pollution susceptibles d'altérer la qualité des eaux du milieu humide.
- Réaliser un suivi régulier des paramètres physico-chimiques des eaux afin d'évaluer l'évolution de l'état écologique du Petit Lac d'Oran.
- Sensibiliser la population locale à l'importance écologique des zones humides et aux dangers liés à la pollution et aux dépôts anarchiques des déchets.
- Préserver les habitats naturels et limiter les perturbations anthropiques pouvant affecter la biodiversité locale, notamment les oiseaux d'eau et les espèces végétales halophiles.
- Encourager les programmes de restauration écologique visant à améliorer la qualité des eaux et à protéger les différentes composantes du milieu naturel.
- Renforcer les mesures de protection environnementale autour du Petit Lac d'Oran afin de limiter les impacts liés à l'urbanisation et aux activités humaines.
- Développer davantage les études scientifiques et écologiques sur le Petit Lac d'Oran afin de mieux comprendre le fonctionnement de cet écosystème humide et les facteurs responsables de sa dégradation.
- Mettre en valeur l'importance écologique et paysagère du Petit Lac d'Oran dans le cadre de la protection durable des zones humides.

VII. Conclusion générale :

Cette étude a permis d'évaluer l'état écologique du Petit Lac d'Oran et de mettre en évidence les principaux facteurs influençant son équilibre naturel. Les résultats obtenus montrent que cette zone humide subit aujourd'hui des perturbations environnementales croissantes liées à la fois aux conditions climatiques et aux pressions anthropiques.

L'étude a également montré que les changements climatiques, notamment l'augmentation des températures et la diminution des ressources en eau, contribuent progressivement à la fragilisation de cet écosystème humide. Par ailleurs, les activités humaines aggravent cette situation à travers la pollution, l'accumulation des déchets et les rejets des eaux usées.

Malgré ces perturbations, le Petit Lac d'Oran conserve encore une certaine importance écologique grâce à sa biodiversité ainsi qu'à la présence d'espèces végétales et animales adaptées aux conditions particulières de ce milieu humide.

Cette étude met ainsi en évidence l'importance de protéger et de préserver les zones humides, considérées comme des écosystèmes sensibles jouant un rôle essentiel dans le maintien de l'équilibre écologique et de la biodiversité.

Enfin, le Petit Lac d'Oran nécessite une attention environnementale plus importante ainsi que la mise en place de programmes de protection et de suivi durable afin de limiter les formes de dégradation et préserver ce patrimoine naturel pour les générations futures.

VIII. Références :

Bouchecker, N., Nedjah, R., & Samraoui, B. (2018). Waterbird diversity in Algerian wetlands.

Climate Data. (s. d.). Global climate data and historical weather information. <https://en.climate-data.org/>

Cours de Mme Derias Fatma Zohra. (s. d.). Concepts d'écologie et biodiversité.

Commission européenne. (2024). Un nouveau modèle de fonte des glaces montre qu'il faut agir rapidement. CORDIS. <https://cordis.europa.eu/article/id/450830-new-ice-melt-model-shows-we-need-to-act-fast/fr>

Cynthia Shirk, via Gardening Know How. <https://www.gardeningknowhow.com/garden-how-to/garden-by-region/central-ohio-valley/central-native-plants.htm>

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf – Mila. Protection des entités biologiques – Chapitre 1 : Généralités. Disponible sur : https://elearning.univ-mila.dz/a2025/pluginfile.php/139844/mod_resource/content/1/CHAPITRE%201%20%20GENERALITES.pdf

Ecofor. (2008). Forest and ecosystem dynamics report. <https://www.gip-ecofor.org/>

SYAGE (Syndicat mixte pour l'Assainissement et la Gestion des Eaux du bassin versant Yerres-Seine). (2025). Cycle de l'eau perturbé : le rôle clé du SyAGE.

Tour du Valat. (s.d.). Flamant rose (*Phoenicopterus roseus*). Centre de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes, Arles, France.

UNIFA. (s.d.). Le cycle du carbone (C). Fertilisation & Environnement. Union des Industries de la Fertilisation (UNIFA), Paris, France.

Late Holocene Climate Change in Mediterranean Wetlands. Annals of the American Association of Geographers. Taylor & Francis, 2019.

Office Français de la Biodiversité (OFB). (2024). Les zones humides. Vincennes, France

Plan Bleu. (2020). Observatoire de l'Environnement et du Développement en Méditerranée – Cartes et graphiques. Marseille, France.

GEF (Global Environment Facility). (2010). Wetlands and climate resilience report. <https://www.thegef.org/>

Gotelli, N. J., & Colwell, R. K. (2001). Quantifying biodiversity. *Ecology Letters*.

Google Earth. (s. d.). Satellite imagery and geographic data (Petit Lac d'Oran / Dhayet Morsli). <https://earth.google.com/>

Google Lens. (s. d.). Image-based identification tool. <https://lens.google.com/>

Hansen, J., et al. (1978). Climate forcing by volcanic aerosols.

IPBES. (2019). Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services. <https://ipbes.net/>

IPCC. (2021). Sixth Assessment Report (AR6): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. <https://www.ipcc.ch/>

IPCC. (2023). Sixth Assessment Report (AR6): Synthesis Report. <https://www.ipcc.ch/>

IUCN. (s. d.). Biodiversity and conservation resources. <https://www.iucn.org/>

In Species richness–environmental diversity relationships are shaped by the underlying species–area curves and negative secondary effects. *Theoretical Ecology*.
<https://doi.org/10.1007/s12080-024-00592-6>

Key Biodiversity Areas Partnership. (2023). Key Biodiversity Areas database. <https://www.keybiodiversityareas.org/>

Lean, J. (2017). Solar variability and climate.

Magurran, A. E. (2004). Measuring Biological Diversity. Blackwell Publishing.

MedECC. (2019). Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin. <https://www.medecc.org/>

MedWet. (2018). Mediterranean Wetlands Observatory reports. <https://medwet.org/>

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. <https://www.millenniumassessment.org/>

Ministère de la Transition écologique. (s. d.). Effet de serre et climat. <https://www.ecologie.gouv.fr/>

Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2015). Wetlands. Wiley.

NASA. (s. d.). Earth observation and climate data. <https://www.nasa.gov/>

NASA. (2023). Global climate change: Vital signs of the planet. <https://climate.nasa.gov/>

NASA Solar Dynamics Observatory (SDO). Appearance of the Sun at solar minimum versus solar maximum. <https://sdo.gsfc.nasa.gov/>

Office National de la Météorologie (ONM). (1996–2005). Données climatiques de la station d’Oran Es-Sénia. Alger, Algérie

Organisation météorologique mondiale (OMM), & Copernicus Climate Change Service (C3S). (2023). State of the Climate in Europe 2022. <https://library.wmo.int/idurl/4/68810>.

Plan Bleu. (2016). Mediterranean Strategy for Sustainable Development. <https://planbleu.org/>

PictureThis. (s. d.). Plant identification application. <https://www.picturethisai.com/>

Ramsar Convention Secretariat. (1971). Convention on Wetlands of International Importance. <https://www.ramsar.org/>

Ramsar Convention Secretariat. (2001). Fiche descriptive : Grande Sebkha d'Oran (Algérie). <https://www.ramsar.org/>

Ramsar Convention Secretariat. (2023). The Ramsar Convention on Wetlands. <https://www.ramsar.org/>

Robock, A. (2000). Volcanic eruptions and climate cooling.

Samraoui, B., & Samraoui, F. (2008). Wetlands of Algeria and waterbird ecology.

Samraoui, B., et al. (2011). Wetland degradation and biodiversity loss in North Africa.

Self, S., & Rampino, M. R. (1988). Volcanic effects on climate.

Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal.

Sustainable Business Magazine. Deforestation solutions: Effective strategies and how you can help. Disponible sur : <https://sustainablebusinessmagazine.net/eco-review/deforestation-solutions-effective-strategies-and-how-you-can-help/>.

Thiébaud, S. (2016). Mediterranean ecosystems and climate change.

UNEP. (2020). Global Biodiversity Outlook 5. <https://www.unep.org/>

United Nations. (s. d.). Climate change and environmental issues. <https://www.un.org/>

WHO. (2023). Climate change and health. <https://www.who.int/>

WMO. (2023). State of the Global Climate 2023. <https://wmo.int/>