République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université d'Oran 2

Faculté des Sciences de la Terre et l'Univers

Département de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master

En Géographie et Aménagement du territoire

Spécialité : Gestion des risques et sécurité civile

Utilisation du chlorophylle-a et le disque de Secchi dans l'évaluation de l'effet du covid-19 sur la qualité de l'eau dans trois zones humides de la région d'Oran

Présenté par :

BELAID Mohammed Soufiane

Devant le jury composé de :

BENDIB Abdelhalim	MCA	Encadreur
BOUTRID Mohamed Lamine	MCB	Président
KHALFAOUI Houria	MAA	Examinateur

Année Universitaire 2023-2024

REMERCIEMENTS

Avant tout, je rends grâce à Allah, le Tout-Puissant et le Très Miséricordieux, pour Ses innombrables bienfaits et pour m'avoir accordé la réussite dans mes études : « الحمد لله ».

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à Monsieur BENDIB Abdelhalim, Maître de conférences à l'Université d'Oran 2, pour son encadrement tout au long de mon projet de fin d'études. Sa disponibilité, ses conseils avisés et son aide précieuse ont été déterminants dans l'élaboration de ce travail.

Je remercie également Monsieur BOUTRID Mohamed Lamine, Maître de conférences à l'Université d'Oran 2, d'avoir accepté de présider le jury de soutenance de mon mémoire, ainsi que pour ses conseils éclairés et son soutien tout au long de mes années d'études.

Mes vifs remerciements vont aussi à Madame KHALFAOUI Houria, Enseignante-Chercheur à l'Université d'Oran 2, pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant de siéger dans le jury et pour l'intérêt qu'elle a porté à ce travail.

Je tiens à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail, en particulier mes enseignants pour leur sérieux et leur dévouement, ainsi que mes amis pour leur soutien moral constant.

Enfin, un grand merci à ma famille, et tout particulièrement à mes parents, pour leurs précieux conseils, leurs encouragements et leur soutien indéfectible, sans lesquels ce travail n'aurait pu voir le jour.

DEDICACES

Je dédie ce travail :

À mes parents bien-aimés, Abdel Karim et Houoiria. Leur soutien et leurs sacrifices inestimables m'ont permis de surmonter toutes les épreuves. Ils m'ont toujours encouragé tout au long de mes études, et sans eux, je n'aurais jamais atteint ce que je suis aujourd'hui.

Je n'oublie pas non plus mes amis chers et mes collègues qui ont été à mes côtés tout au long de ce parcours. Votre présence et votre soutien ont été d'une valeur inestimable.

Enfin, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui ont toujours été là pour moi. Votre soutien constant a été une source de motivation et d'encouragement tout au long de cette aventure.

Résumer

Dans les régions arides, l'eau est une ressource rare et précieuse. De plus, avec l'expansion urbaine et les changements socio-économiques, la qualité de l'eau est devenue un enjeu majeur, servant d'indicateur clé pour la préservation de l'environnement. L'objectif de cette étude est d'analyser l'impact de la pandémie de Covid-19 sur trois zones humides de la région d'Oran, dans l'ouest de l'Algérie : le lac Dayet Oum Rhalez (DORh), le lac Dhayat Morasli (DMo) et le lac Sidi Chahmi (SCh). Trois paramètres principaux ont été sélectionnés et analysés pour la période 2019-2022 : la concentration de chlorophylle-a (Chl-a), l'Indice de l'État Trophique (TSI) et la profondeur du disque de Secchi (SD). Les résultats montrent une diminution de la concentration de Chl-a, à l'exception du DORh, avec des baisses notables allant de 41,73 µg/l à 21,01 µg/l pour le DMo et de 42,82 µg/l à 23,08 µg/l pour le SCh entre 2019 et 2021. En parallèle, une réduction du TSI est observée, passant de 5,67 à 5,32 pour le DORh, de 5,95 à 5,36 pour le DMo et de 5,32 à 4,12 pour le SCh. Cette amélioration est également confirmée par une augmentation de la transparence de l'eau (SD), avec des hausses allant de 1,16 m à 2,61 m pour le DORh, de 1,31 m à 2,75 m pour le DMo et de 1,4 m à 2,07 m pour le SCh. Ces résultats témoignent d'un impact direct des mesures de confinement sur la réduction des activités biologiques et l'amélioration de la qualité de l'eau. Cependant, malgré cette amélioration, l'état écologique global des trois zones humides reste préoccupant en raison de leur nature eutrophique, et la qualité de l'eau demeure souvent médiocre. Cette étude peut servir de base pour des prises de décision éclairées et des actions de préservation ciblées de ces écosystèmes.

English Summary

In arid regions, water is a scarce and valuable resource. Furthermore, with urban expansion and socio-economic changes, water quality has become a major concern and a key indicator of environmental preservation. This study aims to highlight the impact of the Covid-19 pandemic on three wetlands in Oran, western Algeria: Lake Dayet Oum Rhalez (DORh), Lake Dhayat Morasli (DMo), and Lake Sidi Chahmi (SCh). Three parameters—chlorophyll-a concentration (Chl-a), the Trophic State Index (TSI), and Secchi Disk depth (SD)—were selected and measured for the period 2019-2022. The results show that, except for DORh, Chl-a concentration decreased, from 41.73 µg/l to 21.01 µg/l for DMo and from 42.82 µg/l to 23.08 µg/l for SCh between 2019 and 2021. Regarding TSI, a reduction was recorded: from 5.67 to 5.32 for DORh, from 5.95 to 5.36 for DMo, and from 5.32 to 4.12 for SCh. These findings were also validated by SD values, with water transparency

improving from 1.16 m to 2.61 m for DORh, from 1.31 m to 2.75 m for DMo, and from 1.4 m to 2.07 m for SCh. This reduction in biological activity highlights the direct impact of lockdown measures on improving water quality. However, despite this improvement, the overall ecological health of the three wetlands remains concerning (eutrophic conditions), and water quality is still often poor. This study can contribute to better decision-making and targeted actions for the preservation of these ecosystems.

ملخص:

في المناطق الجافة، تعد المياه مورداً نادراً وثميناً. علاوة على ذلك، ومع التوسع الحضري والتغيرات الاجتماعية والاقتصادية، أصبحت جودة المياه مسألة رئيسية ومؤشراً مهماً للحفاظ على البيئة. تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على تأثير جائحة كوفيد-19 على ثلاث مناطق رطبة في وهران، غرب الجزائر: بحيرة دايات أم رحال (SCh). ، وبحيرة سيدي الشحمي(DMo) ، بحيرة دهايت مرسلي(DORh) تم اختيار ثلاثة مؤشرات، وهي تركيز ، وحسابها للفترة من 2019 إلى (SD) ، وعمق قرص سيكي(TSI) ، مؤشر الحالة التغذوية(Chl-a) الكلوروفيل-أ ، انخفض تركيز الكلوروفيل-أ، حيث تراجع من 41.73 ميكروغرام/لتر DORh 2022. أظهرت النتائج أنه باستثناء بين عامي SCh ومن 42.82 ميكروغرام/لتر إلى 23.08 ميكروغرام/لتر في DMo إلى 21.01 ميكروغرام/لتر في ، ومن 5.95 إلى 5.36 DORh ، تم تسجيل انخفاض من 5.67 إلى 5.32 فيTSI 2019 و2021. فيما يخص مؤشر ، حيث تحسنت شفافية المياه SD تم تأكيد هذه النتائج أيضاً من خلال قيم .SCh ، ومن 5.32 إلى 4.12 فيDMo في .SCh ، ومن 1.4 م إلى 2.07 م فيDMo ، ومن 1.31 م إلى 2.75 م فيDORh من 1.16 م إلى 2.61 م في يوضح هذا الانخفاض في النشاط البيولوجي التأثير المباشر لإجراءات الإغلاق على تحسين جودة المياه. ومع ذلك، وعلى الرغم من هذا التحسن، يبقى الوضع البيئي العام للمناطق الرطبة الثلاث مقلقاً (حالة إيكولوجية تغذوية)، ولا تزال جودة المياه غالباً ما تكون متدنية. يمكن أن تساهم هذه الدراسة في اتخاذ قرارات أفضل وإجراءات مستهدفة لحماية هذه .النظم البيئية

Liste des figures

Figure 1. : Le disque de Secchi

Figure 2. Principe de fonctionnement de la télédétection

Figure 3. Composants du SIG.

Figure 4 : carte de localisation géographique de la zone d'étude

Figure 5. Carte hypsométrique de la zone d'étude

Figure 6. Répartition spatiale des classes de pentes

Figure 7. Répartition de la densité de population de zone étude

Figure 8. : Extension urbaine de la commune d'Es Sénia entre 1987 et 2016.

Figure 9. Extension urbaine de la commune de Sidi Chahmi entre 1987 et 2016.

Figure 10. Carte d'occupation du sol des zones d'études

Figure 11. Réseau routier et ferroviaire de la zone d'étude

Figure 12. Capteur d'écran Cartographie de l'Indice d'État Trophique (TSI) pour 2019 Google Earth Engine

Figure 13. Capteur d'écran Actif du moteur Google Earth "Wilaya"

Figure 14. : Capteur d'écran Sélection des ressources du Moteur Google Earth

Figure 15. Capteur d'écran Sélection de la géométrie pour l'analyse TSI dans Google Earth Engine

Figure 16. Capteur d'écran de l'Exécution de la tâche TSI pour l'année 2019 dans Google Earth Engine

Figure 17. Capteur d'écran du Traitement des données raster dans ArcMap pour l'analyse de la chlorophylle-a

Figure 18. Capteur d'écran du Évolution Spatiale de la Concentration de Chlorophylle-a dans la Zone d'Étude entre Février 2019 et Février 2022"

Figure 19. Variations spatio-temporelles de la chlorophylle-a, du disque de Secchi et de l'indice trophique (TSI) pour les années 2019, 2020, 2021 et 2022

Figure 20. : Moyenne annuelle de la chlorophylle-a (a), de l'indice trophique (TSI) (b) et du disque de Secchi (SD) (c)

Figure 21. Corrélation entre les précipitations et Chl-a, TSI, ET SD

Digramme 1 : Précipitation et température de la zone A

Digramme 2 : Précipitation et température de la zone B

liste des tableaux

Tableau 1. Situation géographique de la zone d’étude

Tableau 2. Précipitation de la zone A

Tableau 3. Température de la zone A

Tableau 4. Précipitation de la zone B

Tableau 5. Température de la zone B

Tableau 6. Précipitation de la zone C

Tableau 7. Température de la zone C

Tableau 8. La réparation de la population d’Oran par commune en 2018.

Tableau 9. Activités dominantes de la zone d’étude

Tableau 10. : Détails des données utilisées dans l'étude

Tableau 11. Variations de la Lch-a pour les années 2019, 2020, 2021 et 2022

Tableau 12. Variations des TSI pour les années 2019, 2020, 2021 et 2022

Tableau 13. Variations du DD pour les années 2019, 2020, 2021 et 2022

Tableau 14. Grille de classification de la qualité des eaux de surface en Algérie et résultats des analyses.

Résumer

Introduction générale.....1

Problématique.....4

Objectif de l'étude.....5

Plan de travaille 5

CHAPITRE I : ASPECTS THEORIQUES

1.Introduction 6

2.Définitions des concepts clés.....7

1.2 Qualité de l'eau 7

2.2 Zones humides 8

2.3 Chlorophylle-a 8

2.4 Disque de Secchi 9

2.5 Impact du COVID-19 sur les zones humides.....9

2.5.1 Impacts positifs 10

2.5.2 Effets négatifs 10

2.6 Biomasse 11

2.7 Surveillance de l'environnement.....11

2.7.1 L'importance de la surveillance environnementale 11

2.7.2 Outils de surveillance environnementale.....12

2.7.3 Le rôle de la surveillance environnementale dans les zones humides.....12

2.8 Gestion durable des zones humides.....12

2.9 Indicateurs de qualité de l'eau.....12

2.10 Pollution environnementale 13

2.11 Pollution plastique.....13

2.11.1 Sources de pollution plastique dans les zones humides 14

2.12 L'impact de la pollution plastique sur les zones humides.....14

2.13 Processus de sédimentation.....14

2.14 Ruissellement de surface 15

2.15 L'impact sur le climat 15

2.16 Indice de végétation par différence normalisée (NDVI) 16

2.17 Restauration des zones humides 17

2.18 Importance de la restauration des zones humides 18

2.19 Gestion des ressources en eau 19

2.20 Gérer les ressources en eau dans les zones humides 19

3.Conclusion 21

Chapitre 2 : Zone d'étude : description et caractéristiques

1. Introduction 22

2. Aperçu Historique de la Ville d'Oran 23

3. CADRE GEOGRAPHIQUE 24

4. Présentation générale de la zone d'étude 24

4.1 Situation géographique de la zone d'étude 24

5. CARACTERISTIQUE PHYSIQUE 27

5.1. RELIEF 27

5.2. ALTITUDE 28

5.3. PENTES 31

6. CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES 32

6.1. Lac de Dayet Oum Rhalez 32

6.2. Lac de Sidi Chahmi 32

6.3. Lac de Dhayat Morasli 33

7. Caractéristiques Climatiques de la Région d'Oran 33

7.1. Climat général 33

7.2. Températures et précipitations 34

7.3. Variabilité climatique et changements futurs 34

8.Caractéristiques Climatiques de la zone d'étude 34

8.1. Précipitation et température de la zone A 34

8.2. Précipitation et température de la zone B 35

8.3. Précipitation et température de la zone C 35

9. CARACTERISTIQUES SOCIO-ECONOMIQUE 37

A. DEMOGRAPHIE 37

b) Répartition de la population 39

10.URBAIN 40

10.1 Evolution du parc de logement 42

10.2. Économie 43

10.3. Agriculture 44

10.3.1. Présentation Générale de la Wilaya d'Oran 44

10.3.2. Description des Zones d'Études 44

10.4. TRANSPORT 47

10.4.1. Le réseau routier 47

11. Conclusion 49

Chapitre 03 : Techniques et méthodes

1. Introduction 50

2. PRÉSENTATION DES OUTILS 51

2.1. GOOGLE EARTH ENGINE 51

2.2 Les systèmes d'information géographique (SIG) 51

3. Matériels et méthodes 52

3.2 Sources de données 52

3. 3 Détails des étapes 53

3-4 Traitement des données 54

2.2.1 Chlorophylle-a 58

i. Détails supplémentaires 58

ii. Importance de la Chlorophylle-a 58

iii. Calcul de l'Indice Normalisé de Différence de Chlorophylle (NDCI) 59
iv. Modèle de Chlorophylle-a 59
2.2.2 Indice de l'État Trophique (TSI) 59
i. Détails supplémentaires 60
ii. Importance de l'Indice de l'État Trophique (TSI) 60
iii. Formules de calcul du TSI 60
iv. Application du TSI 60
2.2.3 Disque de Secchi (SD) 61
a. Détails supplémentaires 61
b. Importance de la Clarté de l'Eau 61
c. Méthode du Disque de Secchi 61
d. Utilisation dans les Évaluations Environnementales 62
3. Résultats et discussion 63
3.1. Chlorophylle-a 63
3.2. Indice de l'État Trophique (TSI) 63
3.3. Disque de Secchi (SD) 63
4. Analyse et Discussion Détaillée 64
4.1. Variations de la Chlorophylle-a (Chl-a) 64
4.2. Indices Trophiques (TSI) 64
4.3. Profondeur du Disque de Secchi (SD) 64
5. Interprétation 68
5.1. Chlorophylle-a (Chl-a) 68
5.2. Indice de l'État Trophique (TSI) 68
5. 3. Profondeur du disque de Secchi (SD) 68
6. Synthèse 76
7. Conclusion Détaillée 76
8.Analyse et Interprétation des Graphiques et du Tableau 79

8.1. Dhayat Morasli 79

8.2. Dhayat Oum Rhalaz.....80

8.3. Sidi Chahmi 80

9. Qualité Physique 80

10. Qualité Organique.....80

11. Qualité des Métaux Lourds.....81

12. Conclusion 81

Conclusion générale 82

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 83

Site web 85

Introduction générale

Introduction générale

La pandémie de COVID-19, causée par le virus SARS-CoV-2, est devenue une crise sanitaire mondiale sans précédent, qui perturbe profondément tous les aspects de la société dans le monde. Depuis sa première apparition en décembre 2019 dans la ville chinoise de Wuhan, le virus s'est rapidement propagé dans le monde entier, entraînant des millions d'infections et de décès. Cette crise a contraint les gouvernements à mettre en œuvre des mesures drastiques telles que le confinement, la fermeture d'entreprises et des restrictions de voyage pour contenir la propagation du virus (OMS, 2020).

L'impact du COVID-19 va au-delà des aspects sanitaires, il affecte également de manière significative l'économie, les systèmes de santé et l'environnement. Les mesures de confinement et les changements de comportement humain qui en découlent ont entraîné une réduction significative des activités industrielles, commerciales et de transport, ce qui a eu des effets secondaires imprévus sur les écosystèmes naturels (PNUE, 2020). Par exemple, une réduction de la pollution de l'air a été observée dans certaines zones urbaines, mais les effets sur les écosystèmes aquatiques ne sont pas encore bien compris.

La pandémie de COVID-19 a eu un impact significatif sur l'environnement aquatique à l'échelle mondiale. Les mesures de confinement et les restrictions de voyage imposées pour endiguer la propagation du virus ont entraîné une réduction des activités humaines et industrielles, mais ces changements ont eu des effets inattendus sur les écosystèmes aquatiques.

Des études récentes ont montré que la limitation des activités humaines telles que la navigation commerciale, la pêche industrielle et le tourisme côtier a entraîné une réduction des émissions de polluants et des nuisances sonores dans les écosystèmes marins (Zambrano-Monserrat et al., 2020). En conséquence, une amélioration temporaire de la qualité de l'eau a été observée dans certaines zones côtières, avec une réduction de la pollution par les hydrocarbures, les métaux lourds et les nutriments provenant des activités humaines (Lu et al., 2021).

Cependant, la pandémie de COVID-19 a également eu des effets négatifs sur l'environnement aquatique. Par exemple, la gestion inadéquate des équipements de protection individuelle tels que les masques et les gants jetables a entraîné une augmentation de la pollution plastique dans les cours d'eau, les lacs et les océans (Vadar et al., 2020). En

outre, la perturbation des chaînes d'approvisionnement et la limitation des activités de nettoyage des eaux usées ont accru l'accumulation de déchets solides et de contaminants dans les écosystèmes aquatiques (Zambrano-Monserrat et al., 2020).

En outre, la pandémie de COVID-19 a également eu un impact sur les programmes de surveillance de l'environnement et les efforts de conservation des ressources en eau. Les restrictions de voyage et les contraintes budgétaires ont limité la capacité des agences gouvernementales et des organisations non gouvernementales à surveiller et à protéger les écosystèmes aquatiques (Canning-Cloud et al., 2020).

En outre, ils ont noté que les valeurs de risque cancérogène de l'As et du Cr ont été réduites de 60 % et 94 %, respectivement, à la suite du confinement. Braga et al. (2020) ont constaté une amélioration de la transparence de l'eau dans la lagune vénitienne en Italie. Chen et al. (2021) ont observé l'impact positif de l'éclusage COVID-19 sur l'écologie de la rivière Haihe. Ils ont estimé que la turbidité avait diminué de 219,06 % pendant la période de confinement. En raison de l'imposition du confinement, la vie naturelle a été temporairement interrompue, ce qui a entraîné des problèmes logistiques et juridiques pour la collecte de données permettant de connaître la qualité du confinement

Par conséquent, la surveillance, la cartographie et la prévision de la qualité de l'eau reposent fortement sur des sources de données géospatiales. Par conséquent, la majorité des travaux réalisés sur la qualité de l'eau s'appuient sur des données satellitaires.

et simulée à l'aide d'une modélisation géospatiale (Saeed et Khan 2021 ; Dandaj et Patel 2022). L'amélioration de la qualité de l'eau résultant de la fermeture du COVID-19 a été observée dans de nombreuses masses d'eau intérieures en Inde, par exemple dans le COD.

Les zones humides et les écosystèmes essentiels pour la biodiversité et les services écosystémiques qu'ils fournissent jouent un rôle vital dans la santé environnementale globale. Définies par la Convention de Ramsar comme des zones où l'eau est le principal déterminant de l'environnement et de la vie associée (Ramsar, 2007), ces zones fournissent de nombreux services environnementaux et sociaux tels que la régulation de la qualité de l'eau, la conservation de la biodiversité, la fourniture de ressources alimentaires, la protection contre les inondations, la recharge des aquifères et la fourniture d'habitats critiques pour de nombreuses espèces végétales et animales (Tondisi et al., 2008). Cependant, malgré leur importance critique, les zones humides sont confrontées à des menaces croissantes dues aux

pressions humaines telles que l'urbanisation, le drainage agricole et le changement climatique (Davidson 2014).

Dans le contexte des zones humides, qui jouent un rôle essentiel dans la régulation de la qualité de l'eau et le maintien de la biodiversité, il est essentiel de comprendre comment la pandémie de COVID-19 a affecté ces écosystèmes fragiles.

La qualité de l'eau dans les zones humides est un indicateur clé de la santé de ces écosystèmes. La qualité de l'eau est essentielle pour soutenir la biodiversité, maintenir les fonctions écologiques et assurer la durabilité des services écosystémiques fournis par les zones humides (Davidson 2014). En outre, les zones humides sont souvent utilisées pour l'approvisionnement en eau potable, l'irrigation agricole, la pêche, le tourisme et d'autres activités économiques, ce qui souligne leur importance pour le bien-être humain (PNUE 2018).

Cependant, les zones humides du monde entier sont confrontées à des menaces croissantes telles que l'urbanisation, la pollution, la déforestation et le changement climatique, ce qui compromet la qualité de l'eau et la santé de ces écosystèmes (Calhoun et al., 2017). La perte et la dégradation des zones humides sont particulièrement préoccupantes car elles réduisent les services écosystémiques qu'elles fournissent et mettent en péril la biodiversité qui en dépend (Davidson, 2014)

En outre, l'étude actuelle a utilisé une plateforme basée sur le cloud, telle que le Google Earth Engine qui contient plusieurs pétaoctets de données prêtes à être évaluées, et des capacités de calcul à haute performance qui peuvent être utilisées pour un large éventail de défis sociaux croissants, y compris la conservation de l'environnement. C'est pourquoi cette plateforme basée sur l'informatique en nuage gagne en popularité auprès des chercheurs scientifiques.

Cette technologie d'informatique en nuage a été adoptée pour ses nombreux avantages, en particulier pour l'accès facile à l'imagerie satellitaire corrigée de l'air. De nombreux paramètres de qualité de l'eau ont été étudiés par la plupart des chercheurs, principalement parce que la plateforme ne nécessite pas le téléchargement de grandes images satellites tout en minimisant le temps de téléchargement et la capacité de stockage (Kislik et al. 2022 ; Puriseta et al. 2021 ; Amani et al. 2020).

Dans le contexte d'Oran, en Algérie, où les zones humides jouent un rôle essentiel dans la régulation de la qualité de l'eau et la fourniture de services écosystémiques, il est essentiel de comprendre comment la pandémie de COVID-19 a un impact sur ces écosystèmes fragiles et sur leur capacité à fournir des services essentiels à la communauté.

Problématique

La pandémie de COVID-19, qui a entraîné des changements radicaux dans les activités humaines, a eu des répercussions sur les écosystèmes du monde entier. Les zones humides sont parmi les écosystèmes les plus sensibles aux changements dans les activités humaines, car elles jouent un rôle clé dans le maintien de la qualité de l'eau, la biodiversité et la fourniture de services écosystémiques vitaux. Cependant, la mesure dans laquelle la pandémie de COVID-19 a eu un impact sur la qualité de l'eau dans ces écosystèmes fragiles n'est pas encore totalement comprise.

Le principal problème est que la pandémie a entraîné un déclin des activités industrielles, touristiques et de pêche, ce qui peut conduire à des améliorations temporaires de la qualité de l'eau. Dans le même temps, elle a eu des effets négatifs tels que l'augmentation de la pollution plastique due à l'utilisation d'équipements de protection individuelle et la réduction des efforts de surveillance de l'environnement, qui peuvent avoir des répercussions directes sur les zones humides.

Dans le contexte des zones humides de la région d'Oran, en Algérie, la question se pose de comprendre les impacts différentiels de la pandémie de COVID-19 sur la qualité de l'eau dans ces sites vitaux. La pandémie a-t-elle entraîné une amélioration temporaire de la qualité de l'eau en raison de la réduction des activités humaines, ou a-t-elle aggravé les problèmes environnementaux en raison de facteurs tels que la pollution plastique et la réduction de la surveillance des écosystèmes ?

Cette disparité des impacts soulève une question centrale : Comment la pandémie de COVID-19 a-t-elle affecté la qualité de l'eau dans les zones humides d'Oran, quelles sont les implications à long terme pour la santé environnementale et le rôle de ces terres dans la fourniture de services écosystémiques ?

Objectif de l'étude

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer l'impact de la pandémie de COVID-19 sur la qualité de l'eau des trois zones humides de la région d'Oran en Algérie. Par conséquent, cette recherche vise à déterminer la qualité de l'eau, la teneur en nutriments et les risques environnementaux dans les trois zones en utilisant plusieurs paramètres et indicateurs dans les périodes de pré-fermeture (2019), de fermeture (2020) et de post-fermeture (2021) dans les saisons de pré-mousson, de mousson et de post-mousson

Plan de travail

Chapitre 1 : Aspects théoriques

Définition des Termes scientifiques (Qualité de l'eau Zones humides Chlorophylle-a Disque de Secchi Pollution environnementale)

Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude

Ce chapitre présentera en détail la zone d'étude, localisation, relief, Températures et précipitations climat, Urbanisation, démographie

Chapitre 3 : Méthodes et résultats

Présentation de la méthode, le outils et discussion du résultat

Chapitre 1

ASPECTS THEORIQUES

1. Introduction

L'émergence de la pandémie de COVID-19 a provoqué des perturbations majeures dans le monde entier, affectant divers aspects de la vie humaine et de l'environnement. Les mesures de confinement et les restrictions de voyage ont entraîné une réduction significative des activités humaines, ce qui a eu des répercussions sur l'environnement, notamment sur la qualité de l'eau dans les zones humides. Ces zones humides, qui jouent un rôle essentiel dans la conservation de la biodiversité, la régulation du climat et la purification de l'eau, ont été affectées par ces changements

En Algérie, plus précisément dans la région d'Oran, trois zones humides clés ont été identifiées afin d'évaluer l'impact du COVID-19 sur la qualité de l'eau. Ces zones sont vitales pour l'écosystème local et fournissent des services écosystémiques importants tels que le soutien de la faune, la régulation de l'eau et la filtration des polluants. L'utilisation de la chlorophylle-a et du disque de Secchi permet de mesurer la qualité de l'eau dans ces zones humides et d'évaluer l'impact des changements récents.

La chlorophylle-a, une molécule pigmentaire présente dans les plantes et les algues, est un indicateur clé de l'activité biologique dans l'eau. Des niveaux élevés de chlorophylle-a peuvent indiquer une prolifération d'algues, souvent causée par des niveaux excessifs de nutriments, qui peut être préjudiciable à la santé de l'écosystème. Le disque de Secchi, utilisé pour mesurer la transparence de l'eau, fournit des informations sur la turbidité, qui est un indicateur de la clarté de l'eau et peut refléter la présence de sédiments ou de matières en suspension.

Ce chapitre théorique examine les concepts clés liés à la qualité de l'eau, aux zones humides et à l'impact du COVID-19. Il explore également les méthodes d'évaluation, en mettant l'accent sur l'utilisation de la chlorophylle-a et du disque de Secchi, afin de mieux comprendre les effets de la pandémie sur ces écosystèmes aquatiques. Nous analysons ensuite les implications de ces résultats, y compris les impacts potentiels sur la biodiversité, l'écologie et la durabilité des zones humides.

L'objectif de ce chapitre est de fournir une base conceptuelle solide pour comprendre l'impact du COVID-19 sur la qualité de l'eau dans les zones humides de la région d'Oran. Grâce à cette compréhension approfondie, nous pouvons élaborer des recommandations pour

la gestion future de ces zones humides et proposer des stratégies pour atténuer les impacts négatifs associés à la pandémie.

2. Définitions des concepts clés

2.1 Qualité de l'eau

La qualité de l'eau fait référence aux propriétés physiques, chimiques et biologiques qui déterminent si l'eau est sans danger pour la vie aquatique et les utilisations humaines. Elle peut être évaluée à l'aide d'un certain nombre d'indicateurs tels que la turbidité, la concentration en oxygène dissous, les niveaux de nutriments (par exemple le phosphore et l'azote), les contaminants chimiques et la présence de bactéries ou de virus.

Caractéristiques physiques : La turbidité, qui indique le degré de clarté ou de trouble de l'eau. La turbidité est une mesure de la quantité de particules solides en suspension dans l'eau, qui peuvent provenir du sol ou d'autres contaminants.

Propriétés chimiques : Telles que les niveaux de métaux lourds (comme le plomb et le mercure), de pesticides et de produits chimiques industriels. Ces polluants peuvent affecter la santé humaine et la vie aquatique.

Caractéristiques biologiques : Telles que la concentration de chlorophylle-a, qui indique la quantité d'algues et de plantes aquatiques. Les niveaux de chlorophylle-a peuvent refléter la santé d'un écosystème aquatique.

Les niveaux d'oxygène dissous : Il s'agit d'une mesure importante de la santé de la vie aquatique, car les organismes présents dans l'eau ont besoin d'oxygène pour survivre.

Lorsque les normes de qualité de l'eau sont appliquées aux zones humides, elles permettent d'évaluer comment les activités humaines (par exemple la pollution industrielle et agricole) et environnementales (par exemple les dépôts naturels) affectent ces écosystèmes vitaux. Pendant la pandémie de COVID-19, la réduction des activités humaines peut temporairement améliorer la qualité de l'eau, mais l'augmentation de la pollution plastique et des déchets peut avoir un impact négatif sur la qualité de l'eau.

2.2 Zones humides

Les zones humides sont des régions qui contiennent de l'eau de façon permanente ou intermittente, ce qui a entraîné l'évolution de plantes et d'animaux adaptés aux conditions humides. Les zones humides comprennent les marécages, les marais, les prairies aquatiques et les terres côtières. Ces zones se caractérisent par leur grande biodiversité et jouent un rôle crucial dans :

Réguler la qualité de l'eau : Elles agissent comme un filtre naturel pour les polluants, absorbant les produits chimiques et les nutriments en excès, contribuant ainsi à améliorer la qualité de l'eau.

Soutenir la biodiversité : Fournir des habitats à un grand nombre de plantes et d'animaux, y compris des espèces menacées.

Fournir des services écosystémiques : Comme la protection des plages contre l'érosion, le contrôle des inondations et la recharge des nappes phréatiques.

"Les zones humides sont des écosystèmes terrestres ou aquatiques où l'eau est la principale caractéristique environnementale, régulant la biodiversité et fournissant des services écosystémiques vitaux. Amarsar Ramanathan, lauréat du prix Nobel de la paix en 2006 pour ses recherches sur l'impact des zones humides sur l'environnement et le développement durable, les zones humides jouent un rôle crucial dans la préservation de la biodiversité et dans la régulation du climat. Cette définition est également soutenue par la Convention de Ramsar, un traité international adopté en 1971, qui vise à protéger les zones humides et à promouvoir leur utilisation durable à l'échelle mondiale."

2.3 Chlorophylle-a

La chlorophylle-a est un pigment présent dans les plantes et les algues, essentiel à la photosynthèse. Elle est utilisée comme indicateur de la biomasse algale dans les zones humides. La concentration de chlorophylle-a dans l'eau est souvent utilisée comme indicateur de la qualité de l'eau, en particulier dans les systèmes aquatiques tels que les lacs, les rivières et les réservoirs. Avant de calculer la concentration de chlorophylle-a, il est essentiel de calculer l'indice de chlorophylle normalisé par différence (NDCI), un indice végétal couramment utilisé en télédétection pour évaluer la concentration de chlorophylle dans la végétation. La précision élevée du modèle de chlorophylle-a développé par Mishra

et Mishra (2012) en a fait un outil largement utilisé dans de nombreuses études de télédétection (Muduli et al. 2021)."

2.4 Disque de Secchi

Le disque de Secchi est un instrument de mesure utilisé pour évaluer la transparence de l'eau dans les environnements aquatiques. Il se compose généralement d'un disque circulaire, souvent peint en blanc et noir ou en blanc uniquement, avec un diamètre standard d'environ 20 à 30 centimètres. L'utilisation du noir et blanc permet de maximiser le contraste et la visibilité du disque dans l'eau. Cette méthode a été développée par le scientifique italien Angelo Secchi en 1865 (Secchi, 1865).

Lorsqu'on utilise un disque de Secchi, il est abaissé lentement dans l'eau jusqu'à ce qu'il ne soit plus visible. La profondeur à laquelle le disque disparaît complètement est enregistrée comme la profondeur de visibilité du disque de Secchi. Cette profondeur est un indicateur direct de la clarté de l'eau. En général, une eau plus claire permet au disque de Secchi de descendre plus profondément, tandis qu'une eau plus trouble ou chargée de sédiments réduit la visibilité du disque.

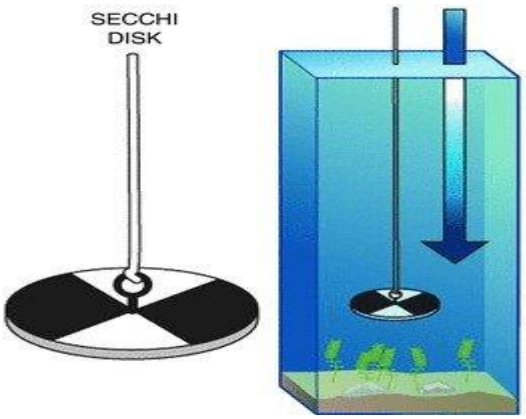


Figure 1 : Le disque de Secchi https://www.researchgate.net/figure/Le-disque-de-Secchi_fig1_363364961

2.5 Impact du COVID-19 sur les zones humides

L'impact de la pandémie de COVID-19 sur les zones humides a été multiple, avec des effets à la fois positifs et négatifs. Les zones humides sont des espaces naturels caractérisés par la présence régulière d'eau et jouent un rôle essentiel dans le maintien de la biodiversité, la régulation de la qualité de l'eau, la fourniture de services écosystémiques tels que la lutte

contre les inondations, la recharge des nappes phréatiques et la fourniture d'habitats pour de nombreuses espèces animales et végétales. Au cours de la pandémie de COVID-19, ces écosystèmes sensibles ont subi différents impacts

2.5.1 Impacts positifs

Réduction des activités humaines : En raison des fermetures et des restrictions de mobilité, de nombreuses zones humides ont connu une réduction des activités humaines, telles que le tourisme, la pêche et le transport maritime. Cela a réduit les perturbations directes dans ces zones, ce qui peut permettre à certaines parties de l'environnement de se rétablir temporairement.

Amélioration de la qualité de l'air et de l'eau : Le déclin des activités industrielles et de transport a entraîné une réduction des émissions de polluants. Cette amélioration temporaire de la qualité de l'air et de l'eau peut avoir eu des effets positifs sur les zones humides, contribuant à une réduction de la pollution globale de l'air et de l'eau.

2.5.2 Effets négatifs

Augmentation de la pollution plastique : L'augmentation de l'utilisation des équipements de protection individuelle (tels que les masques et les gants) s'est accompagnée d'une augmentation de la pollution plastique, car beaucoup de ces produits sont rejetés de manière inappropriée dans l'environnement. Ces déchets peuvent se retrouver dans les zones humides, affectant les écosystèmes et la faune.

La surveillance de l'environnement a cessé : Les restrictions de voyage ont réduit les activités de surveillance de l'environnement, limitant la capacité des chercheurs et des autorités environnementales à surveiller les changements dans les zones humides et à traiter les problèmes rapidement. Les problèmes environnementaux peuvent ainsi passer inaperçus et s'aggraver.

Impacts indirects sur la biodiversité : Les changements dans les activités humaines peuvent entraîner des modifications dans les comportements des espèces sauvages. Par exemple, l'activité de certaines espèces peut augmenter en l'absence de l'homme, ce qui peut affecter l'équilibre naturel de l'écosystème.

2.6 Biomasse

La biomasse est la quantité totale de matière vivante dans un écosystème. Dans le contexte des zones humides, la biomasse comprend toutes les plantes, les algues, les poissons, les oiseaux et les autres animaux qui vivent dans ces zones. La mesure de la biomasse peut être un indicateur de la santé d'un écosystème et de sa capacité à soutenir la vie.

2.7 Surveillance de l'environnement

Le suivi environnemental est un processus continu visant à collecter et à analyser des données sur les facteurs environnementaux afin d'évaluer la santé des écosystèmes et d'identifier les changements au fil du temps. Cette surveillance est essentielle dans les zones humides, car ces zones fournissent une variété de services écologiques et sont des habitats importants pour de nombreuses espèces. La surveillance de la qualité de l'eau dans les zones humides implique le suivi de plusieurs indicateurs afin de déterminer les niveaux de pollution et la santé de l'écosystème.

2.7.1 L'importance de la surveillance environnementale

La surveillance environnementale joue un rôle essentiel dans le maintien de la santé des écosystèmes, en particulier dans les environnements sensibles tels que les zones humides. Grâce à une surveillance régulière, les problèmes environnementaux peuvent être identifiés rapidement et des mesures peuvent être prises pour éviter qu'ils ne s'aggravent. La surveillance de l'environnement permet de

Déterminer les niveaux de pollution : Mesurer la quantité de polluants dans l'eau, tels que les métaux lourds, les pesticides et les produits chimiques industriels.

Contrôler la qualité de l'eau : Déterminer la clarté et la transparence de l'eau, ce qui est essentiel pour la santé de la vie aquatique.

Évaluation de la biodiversité : En surveillant les différentes espèces vivant dans les zones humides et en identifiant les changements dans leurs populations et leurs comportements.

2.7.2 Outils de surveillance environnementale

Pour surveiller la qualité de l'eau dans les zones humides, plusieurs outils et méthodologies sont utilisés : (1) Chlorophylle-a : Cet indicateur mesure l'activité des algues et des végétaux dans l'eau. Des niveaux élevés de chlorophylle-a peuvent indiquer une croissance excessive des algues, qui peut être le résultat d'une augmentation des nutriments dans l'eau, ce qui peut conduire à l'eutrophisation. (2) Disque de Secchi : Instrument utilisé pour mesurer la transparence de l'eau. Un disque blanc ou noir et blanc est plongé dans l'eau pour voir à quelle profondeur il disparaît de la vue. Une faible transparence de l'eau peut indiquer une augmentation des matières en suspension ou une prolifération d'algues.

2.7.3 Le rôle de la surveillance environnementale dans les zones humides

Dans les zones humides, la surveillance de l'environnement est essentielle pour garantir le maintien de ces écosystèmes importants. La surveillance de la qualité de l'eau permet d'identifier les changements résultant des activités humaines ou des facteurs environnementaux naturels. La surveillance environnementale permet également d'identifier les effets négatifs potentiels de la pandémie sur la qualité de l'eau, tels que l'augmentation de la pollution plastique résultant de l'utilisation excessive d'équipements de protection individuelle.

2.8 Gestion durable des zones humides

La gestion durable des zones humides consiste à prendre des mesures pour préserver et protéger ces écosystèmes tout en permettant une utilisation humaine appropriée. Il peut s'agir de stratégies visant à minimiser la pollution, à protéger la biodiversité et à maintenir les fonctions écologiques des zones humides.

2.9 Indicateurs de qualité de l'eau

Il s'agit de critères utilisés pour évaluer l'état de l'eau et son aptitude à différentes utilisations. Ces indicateurs sont les suivants :

Le pH : Mesure de l'acidité ou de l'alcalinité de l'eau.

Oxygène dissous : La quantité d'oxygène présente dans l'eau, un indicateur de la santé de l'écosystème.

Salinité : Le niveau de sels dans l'eau, qui peut affecter les plantes et les animaux aquatiques.

2.10 Pollution environnementale

Un problème grave pour les zones humides, qui sont des zones écologiques importantes abritant une grande biodiversité et jouant un rôle vital dans la régulation du cycle hydrologique et le filtrage de l'eau. La pollution dans ces zones peut provenir de diverses sources, notamment : (1) Les activités industrielles : Les usines peuvent produire des émissions nocives dans l'air et de l'eau polluée qui s'écoule dans les rivières et les lacs, affectant les zones humides qui dépendent de ces sources d'eau. (2) Les activités agricoles : L'agriculture peut être une source majeure de pollution par l'utilisation de pesticides, d'engrais et de fongicides. Lorsque ces produits chimiques s'infiltrent dans l'eau, ils peuvent contaminer les zones humides et causer des problèmes tels que l'eutrophisation (croissance excessive d'algues) qui réduit l'oxygène dans l'eau et nuit à la vie aquatique. (3) Les activités urbaines : L'urbanisation peut entraîner une augmentation des eaux de ruissellement, qui transportent des polluants tels que des huiles, des métaux lourds et d'autres produits chimiques. Ces polluants peuvent entraîner la contamination des zones humides et la dégradation de leur environnement naturel.

La pollution peut avoir de nombreux effets négatifs sur les zones humides notamment : (1) Dégradation de la biodiversité : La pollution peut entraîner une diminution du nombre et du type d'organismes présents dans les zones humides. (2) Perturbation de l'équilibre écologique : La pollution peut altérer l'équilibre naturel des écosystèmes des zones humides, en affectant la chaîne alimentaire et d'autres processus écologiques. (3) Impact sur la santé humaine : Lorsque les zones humides sont polluées, les ressources en eau dont l'homme dépend peuvent être affectées, ce qui entraîne des problèmes de santé.

2.11 Pollution plastique

Un problème environnemental croissant causé par l'accumulation de plastiques dans l'environnement. Cette pollution constitue une menace importante pour la faune et les écosystèmes, en particulier dans les zones sensibles telles que les zones humides. La pollution plastique résulte de l'utilisation généralisée des plastiques dans la vie quotidienne, qui finissent souvent dans les milieux naturels en raison d'une élimination incorrecte ou d'une mauvaise gestion des déchets.

2.11.1 Sources de pollution plastique dans les zones humides

Dans les zones humides, les plastiques proviennent de nombreuses sources, notamment :

Le tourisme et les loisirs : Le tourisme dans les zones naturelles telles que les zones humides peut contribuer à la pollution plastique par les matériaux laissés par les visiteurs, tels que les bouteilles d'eau et les sacs en plastique.

La pêche et le commerce maritime : Les filets de pêche et les équipements marins en plastique abandonnés peuvent se retrouver dans les zones humides et constituer un risque pour la faune et la flore.

Le ruissellement : Le ruissellement peut entraîner les déchets plastiques des zones urbaines et agricoles dans les rivières, qui à leur tour peuvent les transporter vers les zones humides.

Systèmes d'égouts : Dans certains cas, les déchets plastiques provenant des systèmes d'égouts peuvent s'infiltrer dans l'environnement, en particulier en cas de fuites ou d'absence de traitement adéquat.

2.12 L'impact de la pollution plastique sur les zones humides

La pollution plastique affecte les zones humides de différentes manières : (1) Danger pour la faune : les animaux des zones humides peuvent accidentellement ingérer du plastique, ce qui peut entraîner une occlusion gastro-intestinale ou un empoisonnement. Les animaux peuvent également s'empêtrer dans des filets de pêche abandonnés ou dans d'autres matières plastiques. (2) Détérioration de la qualité de l'eau : Le plastique peut affecter la qualité de l'eau, car il peut libérer des produits chimiques nocifs en se décomposant, ce qui entraîne une pollution de l'eau. (3) Distorsion du paysage : L'accumulation de plastique dans les zones humides peut défigurer le paysage, ce qui nuit à la beauté naturelle et à la valeur touristique. (4) Impact sur les écosystèmes : La pollution plastique peut entraîner une modification des écosystèmes, affectant la biodiversité et le cycle des nutriments.

2.13 Processus de sédimentation

La sédimentation désigne l'accumulation de particules solides telles que le sable, l'argile et le gravier au fond des masses d'eau. Elle peut être causée par le ruissellement des

eaux de surface qui transportent des matériaux provenant des terres environnantes. Pour les zones humides, une sédimentation excessive peut entraîner plusieurs problèmes :

Modification du terrain : L'accumulation de sédiments peut modifier l'altitude des zones humides, ce qui affecte la répartition des plantes et de la faune.

Réduction du débit d'eau : Les sédiments peuvent obstruer les voies d'eau, réduisant ainsi le flux d'eau dans la zone humide.

Dégradation de la qualité de l'eau : Les sédiments peuvent contenir des contaminants chimiques ou biologiques, ce qui affecte la qualité de l'eau.

2.14 Ruissellement de surface

Le ruissellement de surface est l'écoulement de l'eau à la surface du sol après la pluie ou la fonte des neiges, et constitue généralement l'une des principales sources de polluants dans l'eau. Pour les zones humides, le ruissellement de surface peut conduire à :

Transporter des polluants : Le ruissellement de surface peut transporter des huiles, des métaux lourds, des pesticides et d'autres produits chimiques dans les zones humides.

Augmenter la sédimentation : Le ruissellement peut transporter des sédiments, ce qui entraîne les problèmes de sédimentation mentionnés précédemment.

Augmentation du ruissellement : L'urbanisation entraîne une augmentation des surfaces imperméables, telles que les routes et les bâtiments, ce qui augmente la quantité d'eau qui s'écoule dans les zones humides.

2.15 L'impact sur le climat

L'impact climatique fait référence aux modifications de l'environnement résultant du changement climatique. Pour les zones humides, le changement climatique peut les affecter de plusieurs manières :

Modification des niveaux d'eau : Le changement climatique peut entraîner une élévation du niveau de l'eau (inondations) ou une baisse du niveau de l'eau (sécheresse), ce qui affecte la biodiversité des zones humides.

Modification des schémas météorologiques : Le changement climatique peut affecter la répartition des précipitations, entraînant des sécheresses plus longues ou des inondations plus fréquentes.

Changement des températures : L'augmentation des températures peut affecter la croissance des plantes et de la faune dans les zones humides.

Pour protéger les zones humides de ces défis, des mesures efficaces doivent être prises, telles que

La gestion des eaux de ruissellement : L'utilisation d'infrastructures vertes, telles que les jardins pluviaux et les réservoirs écologiques, pour réduire le flux de polluants dans les zones humides.

Gestion de la sédimentation : En contrôlant l'utilisation des terres autour des zones humides et en plantant des plantes qui aident à stabiliser le sol.

Adaptation au changement climatique : En développant des stratégies d'adaptation pour faire face aux inondations et aux sécheresses potentielles, et en améliorant la résilience des zones humides.

2.16 Indice de végétation par différence normalisée (NDVI)

Est un indicateur qui utilise des données satellitaires pour mesurer la densité et la santé de la végétation sur Terre. L'indice NDVI repose sur l'idée que la végétation verte absorbe la lumière rouge et se reflète fortement dans la lumière infrarouge. En comparant le rapport de ces réflexions, on peut calculer un indice qui détermine la densité de la végétation.

Le NDVI est exprimé par un nombre compris entre -1 et 1, les valeurs élevées (proches de 1) indiquant une végétation dense et saine, tandis que les valeurs faibles ou négatives indiquent des zones sans végétation, telles que des déserts ou de l'eau.

Dans le contexte de l'évaluation des zones humides, le NDVI peut être utilisé à plusieurs fins :

Identifier les changements dans la végétation : Le NDVI peut montrer la croissance ou la dégradation de la végétation au fil du temps, ce qui permet de surveiller les changements dans la santé des zones humides.

Détecter les zones dégradées : De faibles valeurs de NDVI peuvent indiquer des zones dégradées ou dépourvues de végétation, ce qui justifie une enquête et une attention particulière.

Surveillance des activités humaines : En comparant les données NDVI sur différentes périodes, il est possible d'identifier les effets de l'activité humaine, tels que l'urbanisation ou l'agriculture excessive, sur les zones humides.

Planification de la conservation : Le NDVI peut être utilisé pour orienter les stratégies de conservation des zones humides en identifiant les zones qui doivent être restaurées ou protégées.

En outre, le NDVI peut aider à identifier les zones de croissance végétale non naturelle ou les espèces envahissantes, qui peuvent affecter l'écosystème des zones humides.

2.17 Restauration des zones humides

Processus visant à restaurer les écosystèmes dégradés ou endommagés des zones humides pour les ramener à un état naturel ou proche de l'état naturel. Ce processus est extrêmement important en raison du rôle vital que jouent les zones humides dans le maintien de la biodiversité, la régulation de la qualité de l'eau et la fourniture de services écosystémiques. La restauration des zones humides comprend une série d'activités visant à rétablir les fonctions écologiques et à améliorer la qualité de l'eau.

Objectifs de la restauration des zones humides

La restauration des zones humides vise à atteindre les objectifs suivants :

Restaurer la biodiversité : Rétablir les plantes et les animaux indigènes dans les zones humides afin d'encourager le retour d'espèces qui se sont éteintes ou qui ont disparu de la région.

Améliorer la qualité de l'eau : En éliminant les polluants et en replantant des plantes aquatiques, les zones humides peuvent restaurer leur capacité naturelle à filtrer et à purifier l'eau.

Redirection du flux d'eau : La restauration des zones humides vise à ramener le flux d'eau à son cours naturel, ce qui contribue à prévenir l'érosion et à contrôler les inondations.

Reconstruire les habitats : Replanter la végétation naturelle et réhabiliter les habitats qui abritent la faune, comme les oiseaux, les poissons et d'autres animaux aquatiques.

Activités de restauration des zones humides :

La restauration des zones humides englobe toute une série d'activités visant à reconstruire les écosystèmes dégradés :

Élimination des polluants : Comprend l'élimination des produits chimiques et autres polluants du sol et de l'eau, par des techniques conventionnelles ou naturelles (telles que l'utilisation de plantes pour absorber les polluants).

Remise en végétation de plantes indigènes : Cette activité vise à replanter des plantes indigènes qui peuvent tolérer les conditions des zones humides et fournir un habitat aux animaux.

Reconstruction de cours d'eau : En reconstruisant la topographie ou en ouvrant des voies d'eau fermées, il est possible de restaurer l'écoulement naturel de l'eau dans les zones humides.

Collaborer avec la communauté locale : La restauration des zones humides nécessite souvent la participation de la communauté locale pour garantir le soutien des activités et le maintien des résultats.

2.18 Importance de la restauration des zones humides

La restauration des zones humides est d'une grande importance pour la conservation de l'environnement et la promotion de la durabilité :

Protéger la biodiversité : Les zones humides servent d'habitat à de nombreuses espèces végétales et animales, et leur restauration améliore la biodiversité.

Amélioration de la qualité de l'eau : En raison de la capacité des zones humides à purifier l'eau, leur restauration contribue à améliorer la qualité de l'eau dans la région environnante.

Soutenir les services écosystémiques : Les zones humides fournissent des services tels que la lutte contre les inondations, la régulation du microclimat et des ressources pour la pêche et l'écotourisme.

Favoriser l'adaptation au changement climatique : Les zones humides agissent comme des bassins d'absorption des eaux de crue, contribuant à minimiser les effets des inondations causées par le changement climatique.

2.19 Gestion des ressources en eau

Le processus de planification et de régulation de l'utilisation des ressources en eau afin de garantir une disponibilité durable de l'eau pour les générations actuelles et futures. Ce processus implique la mise en place de politiques et de procédures pour contrôler la manière dont l'eau est utilisée par les individus, les industries et le secteur agricole, ainsi que pour assurer la protection des écosystèmes naturels tels que les zones humides.

Objectifs de la gestion des ressources en eau :

La gestion des ressources en eau vise à atteindre les objectifs suivants :

Maintenir la qualité de l'eau : Veiller à ce que l'eau soit adaptée à divers usages tels que la consommation, l'agriculture et le maintien de la vie aquatique.

Fournir de l'eau de manière durable : Réguler l'utilisation de l'eau pour garantir sa disponibilité à long terme, tout en préservant les besoins environnementaux.

Réduction de la pollution : Limiter les rejets de polluants et de produits chimiques dans les masses d'eau afin de prévenir la dégradation de la qualité de l'eau.

Lutte contre le changement climatique : Élaborer des stratégies pour faire face aux effets du changement climatique sur les ressources en eau, tels que les changements dans les régimes de précipitations, les inondations et les sécheresses.

2.20 Gérer les ressources en eau dans les zones humides

Dans le contexte des zones humides, la gestion des ressources en eau comprend le maintien du flux naturel de l'eau et la garantie d'un environnement durable :

Maintenir le flux d'eau : Gérer les barrages et les canaux pour s'assurer que l'eau s'écoule naturellement dans les zones humides, contribuant ainsi à maintenir l'équilibre des écosystèmes.

Protéger les zones humides de la pollution : Prendre des mesures pour minimiser la pollution de l'eau due aux activités humaines telles que l'agriculture et l'industrie, afin de garantir la santé des zones humides.

Préserver la biodiversité : Réglementer l'utilisation de l'eau de manière à protéger les habitats de la faune et de la flore sauvages et à promouvoir la biodiversité.

Stratégies de gestion des ressources en eau :

Les stratégies de gestion des ressources en eau englobent toute une série d'activités visant à garantir une utilisation durable de l'eau :

Élaborer des politiques réglementaires : Établir des lois et des règlements régissant l'utilisation de l'eau et les quotas afin de préserver les ressources.

Utilisation de technologies de conservation de l'eau : Utilisation de technologies et de techniques modernes pour minimiser la consommation d'eau et accroître l'efficacité.

Promouvoir la sensibilisation de la communauté : Sensibilisation à l'importance de la conservation des ressources en eau et encouragement des pratiques durables.

Encourager la réutilisation de l'eau : Encourager l'utilisation d'eau traitée et recyclée pour minimiser la pression sur les ressources naturelles.

Importance de la gestion des ressources en eau :

La gestion des ressources en eau est très importante pour la préservation de l'environnement et le développement durable :

Maintien de la santé publique : En garantissant la disponibilité d'une eau propre, la gestion des ressources en eau contribue à la santé et à la sécurité des communautés.

Soutenir l'agriculture et l'industrie : La gestion durable de l'eau permet de soutenir des activités économiques telles que l'agriculture et l'industrie sans causer de dommages à l'environnement.

Préserver les écosystèmes : Des ressources en eau bien gérées protègent les zones humides et d'autres écosystèmes de la dégradation, améliorant ainsi la biodiversité et maintenant les services écosystémiques.

3. Conclusion

Dans ce premier chapitre, nous avons cherché à poser les bases pour comprendre les impacts de la pandémie de COVID-19 sur la qualité de l'eau dans les zones humides. Nous avons commencé par définir des concepts clés tels que la chlorophylle-a et le disque de Secchi, ainsi que leur rôle dans l'évaluation de la qualité de l'eau. Cela nous a permis de comprendre comment ces indicateurs peuvent être utilisés pour surveiller les changements de la qualité de l'eau dans les zones humides pendant la pandémie.

Nous avons ensuite étudié les impacts de la pandémie de COVID-19 sur les zones humides sous différents aspects. Nous avons constaté que les mesures de confinement et la restriction des activités humaines ont entraîné des améliorations temporaires de la qualité de l'eau, telles que la réduction de la pollution et des activités industrielles. Cependant, nous avons également observé certains impacts négatifs, tels que l'augmentation de la pollution plastique résultant de l'utilisation accrue d'équipements de protection individuelle.

Nous avons également discuté de l'importance de la surveillance de la qualité de l'eau dans les zones humides à l'aide d'outils tels que la chlorophylle-a et le disque de Secchi. Ces indicateurs constituent un moyen efficace d'évaluer l'évolution de la qualité de l'eau au fil du temps, ce qui permet d'identifier les problèmes susceptibles de nécessiter des mesures correctives.

En outre, nous avons examiné les technologies de surveillance des zones humides, telles que la télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG), et la manière dont elles peuvent être utilisées pour surveiller les changements dans l'environnement et soutenir une prise de décision éclairée sur la gestion des zones humides. Ces technologies constituent des outils puissants pour surveiller les changements environnementaux et contribuer à la conservation des zones humides.

À la fin du chapitre, nous avons formulé des recommandations sur les mesures à prendre à l'avenir pour garantir la durabilité des zones humides. Il s'agit notamment de renforcer la surveillance de la qualité de l'eau, de sensibiliser à l'importance de la conservation des zones humides et de prendre des mesures pour minimiser la pollution plastique. Nous recommandons également de poursuivre les recherches afin de comprendre les impacts à long terme de la pandémie de COVID-19 sur les zones humides et la qualité de l'eau.

Chapitre 02

Zone d’étude : description et caractéristiques

1. Introduction

Dans ce chapitre introductif, nous plongerons dans l'analyse de la wilaya d'Oran, en examinant ses caractéristiques géographiques, son histoire, son développement urbain, sa démographie, ses infrastructures et les pressions exercées sur les terrains agricoles. Cela nous permettra d'établir le contexte dans lequel s'inscrit notre étude sur l'évaluation de l'impact du COVID-19 sur la qualité de l'eau dans trois zones humides de la région d'Oran.

Nous débuterons en retracant brièvement l'histoire d'Oran, mettant en lumière les événements clés qui ont façonné son développement. Ensuite, nous examinerons sa localisation géographique, en soulignant les caractéristiques spécifiques telles que sa position côtière et son environnement naturel, facteurs essentiels influençant la dynamique hydrologique des zones humides de la région.

Par la suite, nous nous intéresserons aux caractéristiques topographiques de la région, en examinant les reliefs, les pentes et les contraintes associées à ces caractéristiques. Nous analyserons également les paramètres climatiques d'Oran, en mettant l'accent sur les précipitations, les températures et leur impact sur les potentialités hydrologiques des zones humides.

Pour une meilleure compréhension des dynamiques urbaines et de leur influence sur les écosystèmes aquatiques, nous étudierons l'apparition et le développement du milieu urbain dans la wilaya d'Oran, en identifiant les facteurs qui ont contribué à son expansion rapide et à l'impact sur la qualité de l'eau des zones humides avoisinantes.

Nous examinerons également les données démographiques, telles que la croissance de la population et la densité, afin de comprendre l'impact de la démographie sur la pression exercée sur les ressources en eau et les écosystèmes aquatiques.

Par la suite, nous nous pencherons sur les infrastructures présentes à Oran, en examinant les réseaux de transport, les zones industrielles, les zones résidentielles, et leur impact potentiel sur la qualité de l'eau dans les zones humides. Enfin, nous mettrons en évidence le rôle d'Oran en tant que centre régional, en soulignant les activités économiques et les opportunités qu'elle offre pour une gestion durable des ressources en eau et des écosystèmes aquatiques dans la région.

2. Aperçu historique de la ville d'Oran

Oran, ville portuaire emblématique de la côte nord-ouest de l'Algérie, possède une histoire riche et diversifiée qui remonte à plusieurs siècles. Fondée par les Romains sous le nom de "Wahrân", la ville a connu une succession de conquêtes et de dominations au cours de son histoire. Sous la domination espagnole à partir du XVIe siècle, Oran devient un centre stratégique majeur de la Méditerranée occidentale, prospérant grâce au commerce maritime et à son rôle de point d'ancrage pour les explorateurs et les marchands européens (Histoire d'Oran).

Au XVIIIe siècle, la ville passe sous le contrôle de l'Empire ottoman, marquant le début d'une nouvelle ère de développement économique et culturel. Oran devient alors un carrefour commercial animé, où convergent les routes terrestres et maritimes reliant l'Europe, l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient. Cette période voit également l'essor de la communauté juive, qui contribue de manière significative à la vie économique et culturelle de la ville.

L'arrivée des Français en 1831 marque un tournant décisif dans l'histoire d'Oran. Sous le régime colonial français, la ville connaît une modernisation rapide, caractérisée par la construction de nouveaux quartiers, d'infrastructures portuaires et industrielles, ainsi que d'une importante expansion urbaine. Oran devient alors un centre administratif, économique et culturel majeur de l'Algérie française, attirant des populations diverses en quête d'opportunités et de prospérité.

Après l'indépendance de l'Algérie en 1962, Oran continue de jouer un rôle central dans le développement du pays. La ville connaît une croissance démographique rapide et une expansion urbaine importante, accompagnées de défis socio-économiques et environnementaux. Malgré ces défis, Oran reste un pôle d'attraction majeur, doté d'une vitalité culturelle et économique dynamique.

Aujourd'hui, Oran se présente comme une métropole moderne, où se côtoient harmonieusement vestiges historiques, quartiers traditionnels et infrastructures contemporaines. Témoin d'une histoire mouvementée et d'une diversité culturelle foisonnante, la ville d'Oran incarne le dynamisme et la résilience d'une société en constante évolution.

3. Cadre géographique

La wilaya d'Oran, située dans le nord-ouest de l'Algérie, occupe une position privilégiée le long de la côte méditerranéenne. Son territoire s'étend entre les latitudes 35°30' et 36°45' nord, et les longitudes 0°50' et 2°30' ouest, couvrant une superficie de plus de 2 100 km². Cette région est caractérisée par une diversité géographique remarquable, allant des littoraux aux reliefs montagneux en passant par des plaines fertiles.

Au nord, la wilaya d'Oran est bordée par la mer Méditerranée, offrant ainsi un accès privilégié à des ressources maritimes abondantes et des opportunités économiques liées au commerce maritime et au tourisme côtier. À l'ouest, elle est limitrophe de la wilaya d'Aïn Témouchent, tandis qu'à l'est, elle partage ses frontières avec les wilayas de Mascara et de Mostaganem. Au sud, la wilaya est délimitée par les wilayas d'Aïn Témouchent, de Mascara et de Sidi Bel Abbès, formant ainsi une zone d'interconnexion régionale essentielle.

Cette position géographique stratégique confère à la wilaya d'Oran un rôle crucial dans le développement socio-économique de la région. En tant que centre urbain majeur et portuaire important, Oran constitue un hub commercial et logistique vital pour le nord-ouest de l'Algérie. De plus, sa proximité avec d'autres centres urbains et ses liens étroits avec les régions agricoles environnantes en font un carrefour d'échanges et de synergies multiples.

En résumé, la wilaya d'Oran se distingue non seulement par sa position géographique privilégiée le long de la côte méditerranéenne, mais aussi par sa diversité géographique et son rôle central dans le tissu socio-économique régional. Cette combinaison de facteurs en fait un territoire d'une importance stratégique tant sur le plan national que régional, appelé à jouer un rôle clé dans le développement durable et l'épanouissement de la région.

4. Présentation générale de la zone d’étude

4.1 Situation géographique de la zone d’étude

L'étude de troisième cycle se concentre sur l'analyse de trois lacs naturels situés dans la région de l'Oranie, à proximité de la ville d'Oran, en Algérie. La ville d'Oran, une métropole régionale avec une superficie de 25° 0° 57° hectares, est la deuxième ville et un pôle économique majeur du pays. Elle est située entre les longitudes -0,54° et -0,71° Ouest et les latitudes 35,34° et 35,76° Nord. Administrativement, Oran est limitée à l'ouest par la

commune de Messerghin, au nord-ouest par Mers El Kébir, au nord par la mer Méditerranée, au nord-est par Bir El Djir, à l'est par Sidi Chahmi et au sud par la commune d'Es Sénia.

Les trois lacs d'intérêt sont le lac de Dayet Oum Rhalez, le lac de Sidi Chahmi et le lac de Dhayat Morasli. Le lac de Dayet Oum Rhalez, couvrant une superficie de 328 hectares, est localisé à la latitude 35°36’2.36” N et à la longitude 0°25’34.48” W. Le lac de Sidi Chahmi, situé dans la commune du même nom à l'est d'Oran, occupe une surface de 17 hectares et se trouve aux coordonnées 35°39’40.90” N et 0°31’45.52” W. Enfin, le lac de Dhayat Morasli s'étend sur 114 hectares et est situé à la latitude 35°40’3.24” N et à la longitude 0°36’24.85” W. Ces sites naturels, situés à proximité de la ville d'Oran, offrent une diversité écologique et hydrologique cruciale pour la recherche envisagée, permettant une étude approfondie des écosystèmes.

Tableau 1: Situation géographique de la zone d’étude

Name	Site	Type	Localisation	Area (ha)
Lake of Dayet Oum Rhalez	A	Natural	Lat: 35°36’2.36” N, long: 0°25’34.48” W	328
Lake of Sidi Chahmi	B	Natural	Lat: 35°39’40.90” N, long: 0°31’45.52” W	17
Lake of Dhayat Morasli	C	Natural	Lat: 35°40’3.24” N, long: 0°36’24.85” W	114

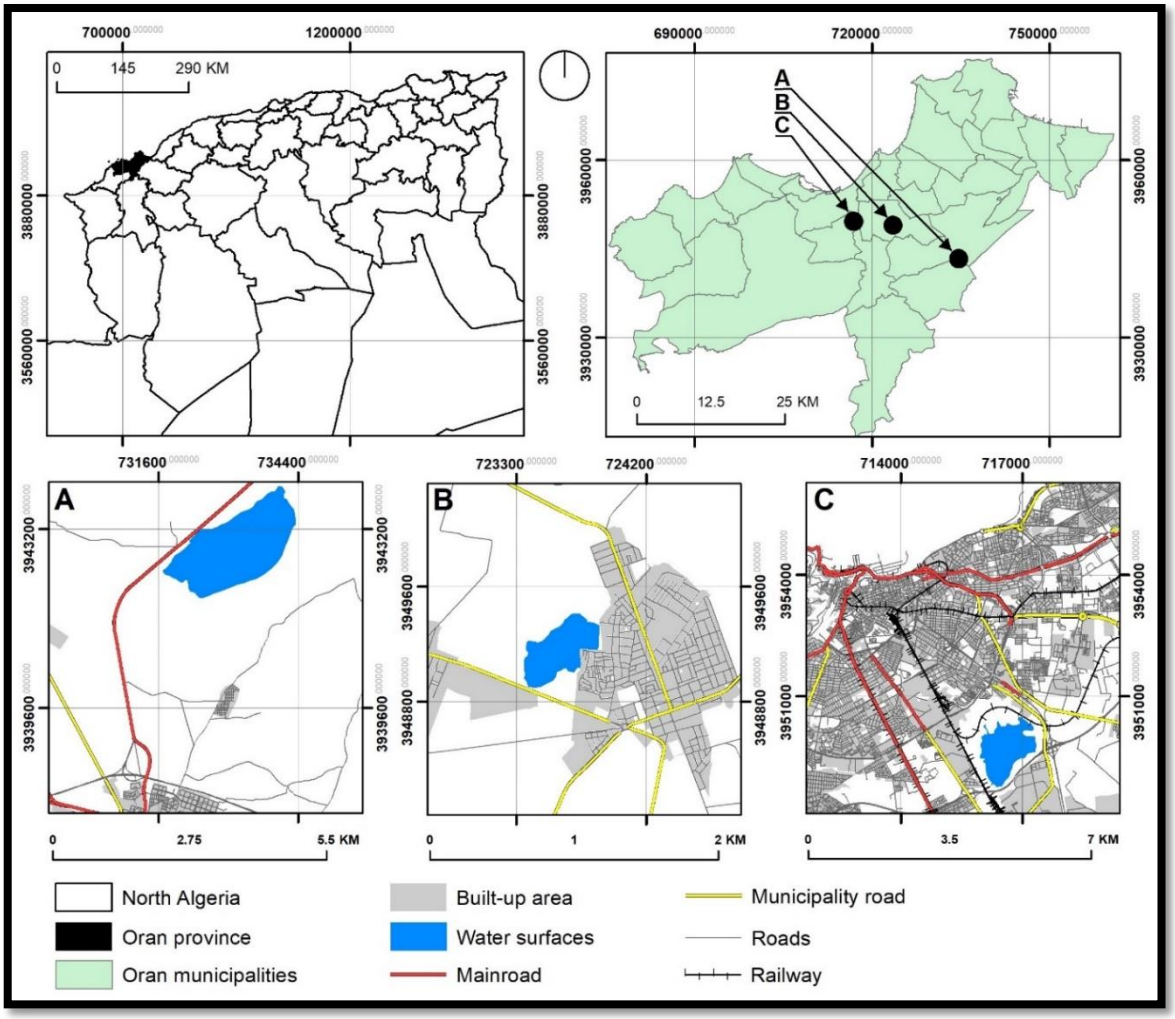


Figure 4 : carte de localisation géographique de la zone d'étude

5. Caractéristiques physiques

La topographie de la wilaya d'Oran présente une grande diversité de reliefs, comprenant montagnes, collines et plaines. Située entre le massif de l’Atlas et la plaine de la Mitidja, la région bénéficie de caractéristiques géographiques variées. Ce relief varié influence significativement le climat local, entraînant des variations considérables de température et de précipitations en fonction des altitudes et des orientations des versants.

Les montagnes de la région retiennent souvent les nuages, provoquant des précipitations abondantes sur leurs versants nord, tandis que les versants sud connaissent des conditions plus arides.

5.1. Les reliefs

La wilaya d'Oran se distingue par une topographie variée, composée de montagnes, de plaines et de plateaux. Les principales caractéristiques de cette région sont les suivantes :

1. Bordure côtière

Les côtes rocheuses s'étendent des monts d'Arzew jusqu'à Mers El Kébir à l'ouest, et du Cap Lindles jusqu'au Cap Sigal, marquant la limite administrative de la wilaya.

Des plages de sable sont présentes dans la basse plaine de Bousfer-les Andalouses et dans la baie d'Arzew.

2. Collines du Sahel

Comprenant les monts d'Arzew, ces hautes collines bordent des falaises abruptes s'étendant d'Arzew à Canastél à l'est d'Oran.

Le Murdjadjo et ses prolongements à l'ouest dominent la plaine de Bousfer-les Andalouses, avec des extensions telles que les djebels Djorf et Lindles, et à l'est, le djebel Santon.

3. Basse plaine littorale de Bousfer-Les Andalouses

Cette région est un ensemble de plaines inclinées vers le nord, protégées par les collines sahéliennes en forme d'amphithéâtre. L'Oued Sidi Hammadi, une rivière importante, traverse cette plaine à l'ouest, près du complexe touristique des Andalouses.

4. Plateau d'Oran-Gdyel

Ce plateau s'étend des contreforts du Murdjadjo au Sahel d'Arzew. Il est caractérisé par l'absence de drainage et la présence de nombreuses dépressions salines, telles que la grande Sebkha d'Oran à l'ouest et la Daya Morsli, le lac Telamine, et les Salines d'Arzew à l'est.

Partie orientale de la plaine de la M'leta

Située entre les contreforts sud de Tessala, les côtes de la forêt de Moulay Ismail et la bordure de la grande Sebkha, cette région présente un relief modéré. Les cours d'eau y forment plusieurs dayate, comme Daiet Oum El Rhelaz, Daiet Sidi M'Hamed, et Daïet El Bagrat.

5. Grande Sebkha d'Oran et salines d'Arzew

La grande Sebkha d'Oran est une dépression à une altitude de 80 mètres, couvrant plus de 30 000 hectares (environ un sixième de la wilaya).

Les salines d'Arzew se trouvent au pied de la forêt de Moulay Ismail, avec une orientation similaire à celle de la Sebkha d'Oran (source : aniref.dz, 2021).

Ravins

Oran s'est développée autour du ravin de l'oued Rhi, maintenant couvert, sur une superficie d'environ 75 km². Cinq ravins traversent la ville du sud vers le nord :

- Le ravin de Rass el-Aïn (oued er-Rhi), au pied de l'Aïdour/Murdjadjo.

- Le ravin de l'Oued Rouïna, à l'ouest du lycée Pasteur.

- Le ravin de la Mina, débouchant à la rue Sahraoui Meknous et le Front de Mer.

5.2 Les altitudes

La topographie d'Oran présente une variation significative en termes d'altitude, conférant à la ville des panoramas impressionnants et des caractéristiques géographiques distinctes. Le front de mer d'Oran, situé à une hauteur de 40 mètres au-dessus du niveau de la mer, offre aux résidents et aux visiteurs une vue spectaculaire sur la mer Méditerranée.

Les falaises de Gambetta, se dressant à plus de 50 mètres, ajoutent une toile de fond majestueuse à la ville.

En s'éloignant du littoral, l'altitude continue de s'élever progressivement, créant une transition douce entre les différentes zones de la ville. Le plateau de Kargentah, situé à environ 70 mètres d'altitude, offre des vues panoramiques exceptionnelles sur les environs. Plus loin, dans la banlieue proche d'Es Senia, l'altitude atteint 90 mètres, offrant des perspectives encore plus vastes.

Cette variation altitudinale est cruciale pour le paysage urbain et l'aménagement de la ville. Les altitudes variées permettent des aménagements urbains diversifiés, allant des quartiers résidentiels aux points de vue spectaculaires, influençant ainsi les choix architecturaux et les perspectives visuelles des habitants et des visiteurs.

Oran est installée au fond d'une baie ouverte au nord, dominée à l'ouest par le Djebel Idoor (429 mètres), qui la sépare de Marsa al-Kabir. Sa banlieue comprend la ville de Bir el-Djir. Au sud, la ville est bordée par le plateau de Moulay Abdul Kader Jilani, la municipalité d'Es Senia, et la Sebkha d'Oran au sud-ouest. La ville s'étend des deux côtés du ravin de l'oued Rhi, aujourd'hui couvert, au pied du Djebel Murdjajo.

L'altitude de la ville augmente significativement après la zone portuaire, avec un front de mer construit à 40 mètres au-dessus des flots, les falaises de Gambetta culminant à plus de 50 mètres, et une montée progressive atteignant 70 mètres sur le plateau de Kargentah, puis 90 mètres dans la banlieue d'Es Senia. Oran est principalement construite sur un plateau calcaire au pied du Murdjajo, recouvert d'une couche marno-diatomitique et d'un complexe carboné

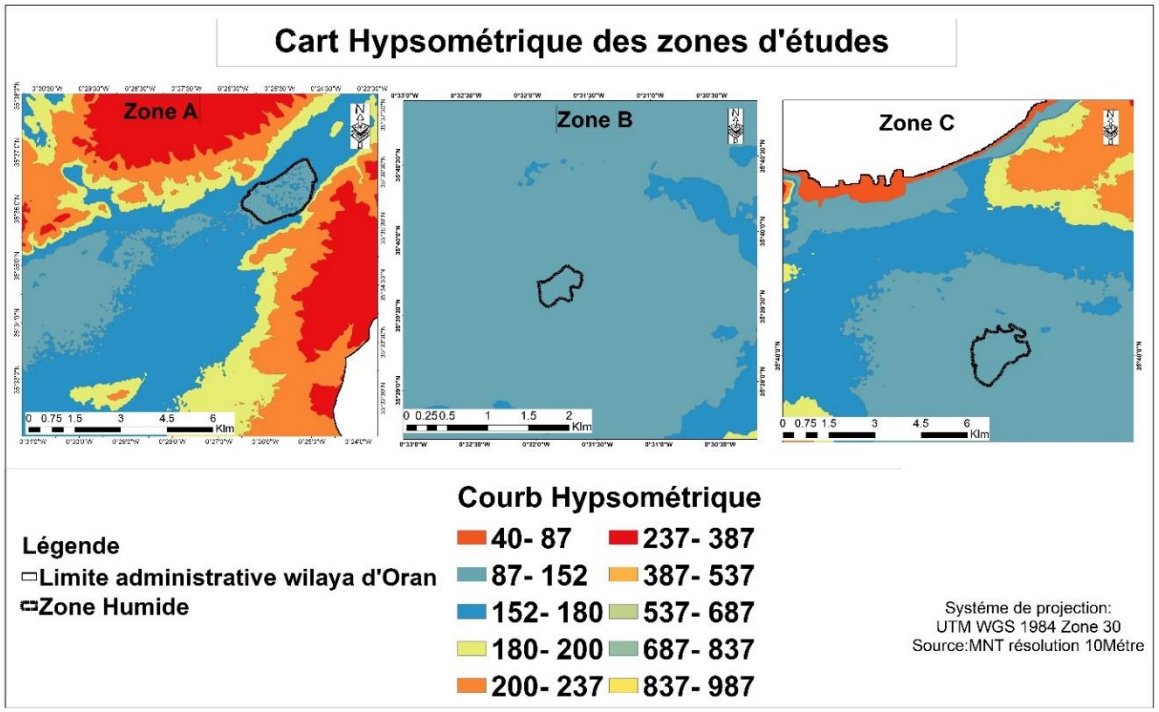
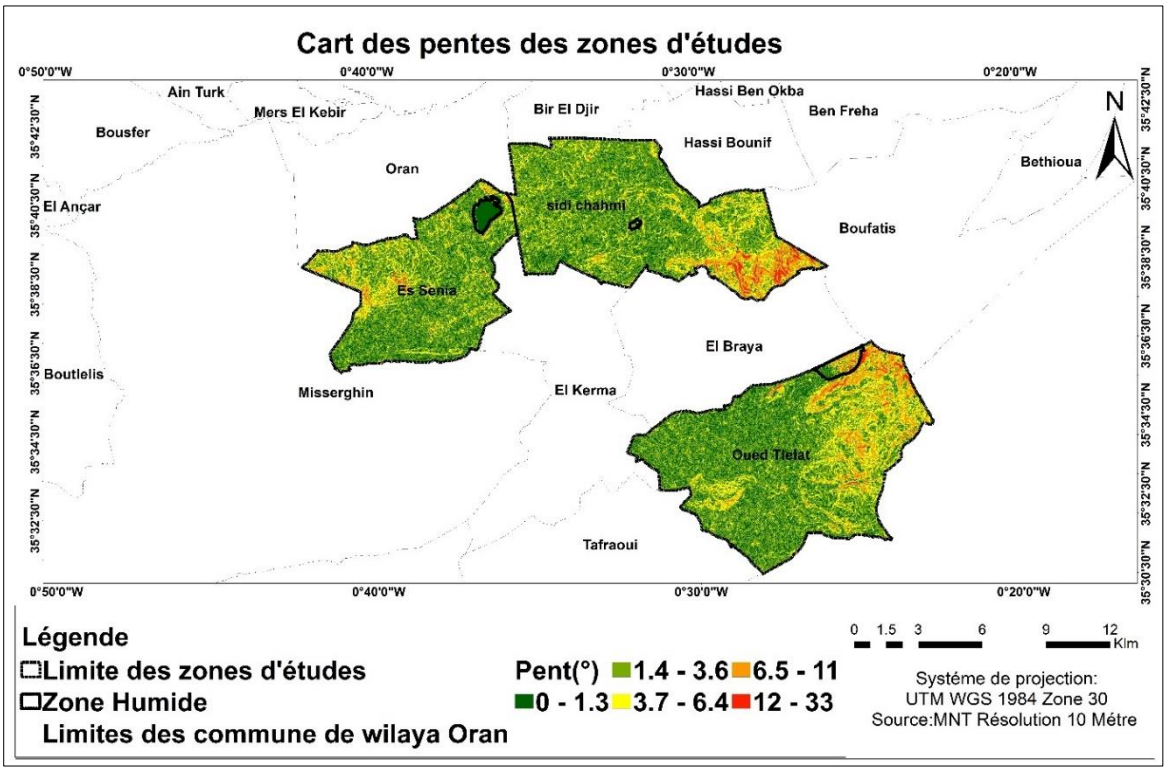


Figure 5 : Carte hypsométrique de la zone d'étude

La carte hypsométrique des zones d'étude montre des variations d'altitude significatives dans les zones A et C, tandis que la zone B est relativement uniforme. Dans la zone A, les altitudes varient de 0 à 87 mètres pour les points bas, représentés par des couleurs bleues et vertes, et atteignent entre 387 et 687 mètres pour les points hauts, indiqués par des couleurs rouges et oranges, ce qui suggère une topographie diverse avec des zones de basse altitude et des élévations significatives. La zone B, en revanche, est principalement comprise entre 152 et 180 mètres, marquée par des couleurs bleues, ce qui indique une relative uniformité d'altitude, probablement une plaine ou un plateau légèrement élevé. La zone C présente également une grande variation d'altitude, avec des points bas autour de 0 à 87 mètres et des points hauts atteignant jusqu'à 837 mètres, signalés par les couleurs rouges, oranges et jaunes, suggérant une topographie diverse avec des variations marquées en élévation. En résumé, les zones A et C présentent des paysages variés avec des collines, des montagnes et des vallées, tandis que la zone B est plus plane, indiquant une topographie moins accidentée.

5.3 Les pentes



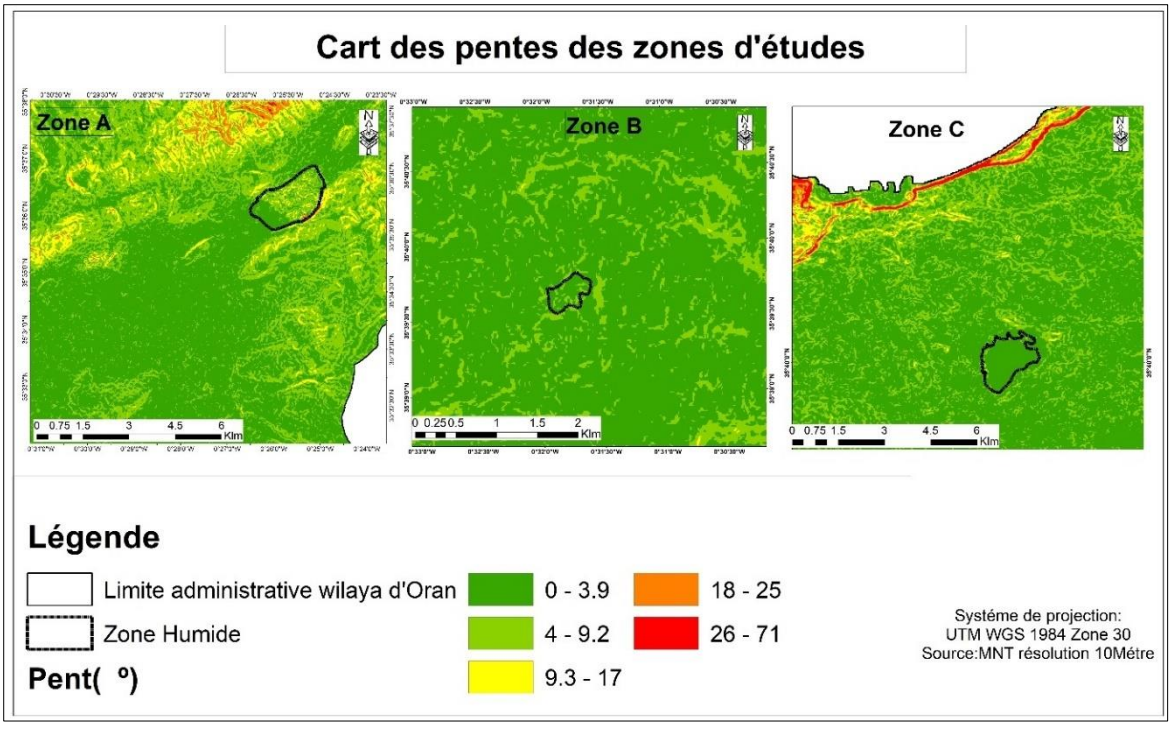


Figure 6 : Répartition spatiale des classes de pentes

En examinant la carte des pentes de votre domaine d'étude, nous observons des caractéristiques de pente variées pour chaque zone. La zone A présente des pentes variées

allant du vert clair (0-3,9 degrés) indiquant des pentes très douces, idéales pour l'agriculture, au jaune (9,3-17 degrés) et même quelques zones rouges (26-71 degrés) suggérant des collines modérées à raides. La zone B est principalement en vert clair, indiquant des pentes douces favorables à l'agriculture sans contraintes majeures. La zone C montre une diversité de pentes avec des rouges le long des côtes, signalant des falaises ou des collines côtières escarpées. Les pentes modérées (4-9,2 degrés) nécessiteront des pratiques agricoles adaptées pour prévenir l'érosion, tandis que les pentes raides (>9,3 degrés) seront mieux adaptées à des usages forestiers ou pastoraux.

6. Caractéristiques géologiques

Les lacs naturels de la région d'Oran, à savoir le lac de Dayet Oum Rhalez, le lac de Sidi Chahmi et le lac de Dhayat Morasli, sont situés dans des environnements géologiques distincts, illustrant la complexité et la diversité des formations géologiques de cette région. Ces plans d'eau offrent des opportunités uniques pour des études géologiques et hydrologiques approfondies, en fournissant des données cruciales sur les interactions entre les formations géologiques et les écosystèmes aquatiques.

6.1. Lac de Dayet Oum Rhalez

Le lac de Dayet Oum Rhalez, avec une superficie de 328 hectares, est situé à la latitude 35°36'2.36" N et à la longitude 0°25'34.48" W. Ce lac se trouve dans une zone géologique où les formations du Permo-Trias prédominent. La présence de schistes et de conglomérats du faciès Verrucano dans cette région indique une histoire géologique riche en dépôts marins anciens. Ces formations influencent directement la chimie de l'eau et la composition des sédiments du lac, rendant cette zone particulièrement intéressante pour les études sur la sédimentation et la diagenèse des roches.

6.2. Lac de Sidi Chahmi

Le lac de Sidi Chahmi, plus petit avec une superficie de 17 hectares, est situé à la latitude 35°39'40.90" N et à la longitude 0°31'45.52" W. Ce lac est entouré de formations géologiques du Trias, dominées par des marnes et des gypses. Les marnes, étant riches en minéraux argileux, peuvent affecter la turbidité de l'eau et sa capacité à retenir les nutriments. Les gypses, quant à eux, peuvent influencer la salinité de l'eau. Ces caractéristiques font du lac de Sidi Chahmi un site d'intérêt pour l'étude de la qualité de l'eau, des cycles des nutriments et de la biodiversité aquatique dans des environnements salins.

6.3. Lac de Dhayat Morasli

Le lac de Dhayat Morasli, couvrant 114 hectares, est situé à la latitude 35°40'3.24" N et à la longitude 0°36'24.85" W. Ce lac est associé à des formations géologiques du Jurassique et du Crétacé, notamment des lentilles dolomitiques et des calcaires schisteux, ainsi que des formations schisto-gréseuses verdâtres. Les lentilles dolomitiques et les calcaires schisteux peuvent influencer la dureté et le pH de l'eau, tandis que les formations schisto-gréseuses peuvent affecter la composition minérale des sédiments. Ce site est idéal pour des études sur les interactions entre la géologie carbonatée et les écosystèmes aquatiques, ainsi que sur les processus de karstification et leurs impacts hydrologiques.

Ces lacs naturels constituent des laboratoires naturels pour les scientifiques, offrant des perspectives précieuses sur la dynamique des écosystèmes aquatiques en relation avec leur contexte géologique. Les études géologiques permettent de comprendre l'origine et l'évolution des formations rocheuses entourant les lacs, tandis que les études hydrologiques fournissent des informations sur les cycles de l'eau, la qualité de l'eau et les interactions entre l'eau et les roches.

Par exemple, l'analyse des sédiments lacustres peut révéler des informations sur les changements climatiques passés, les événements de sédimentation et l'impact des activités humaines sur les écosystèmes aquatiques. De plus, la qualité chimique de l'eau peut être étudiée pour comprendre l'influence des minéraux dissous provenant des formations géologiques sur les écosystèmes aquatiques.

Les lacs de Dayet Oum Rhalez, Sidi Chahmi et Dhayat Morasli sont des témoins de la diversité géologique de la région d'Oran. Ils offrent des opportunités uniques pour les études géologiques et hydrologiques, permettant de mieux comprendre les interactions complexes entre les formations géologiques et les écosystèmes aquatiques. Ces études sont essentielles pour la gestion durable des ressources en eau et la conservation des habitats naturels dans la région.

7. Caractéristiques Climatiques de la Région d'Oran

7.1. Climat général

Oran bénéficie d'un climat méditerranéen typique, caractérisé par des étés chauds et secs ainsi que des hivers doux et humides. La ville connaît une saison estivale marquée par

une chaleur intense et une sécheresse prononcée, et une saison hivernale fraîche et pluvieuse, concentrant environ les trois quarts des précipitations annuelles.

7.2. Températures et précipitations

Le climat tempéré chaud d'Oran se manifeste par des variations saisonnières distinctes. Les hivers enregistrent des précipitations significativement plus importantes que les étés. La température moyenne annuelle est de 18,4 °C, avec une pluviométrie moyenne de 378 mm par an. L'humidité relative varie peu au cours de l'année, oscillant entre 64 % en été et un pic de 74 % en décembre. Elle reste toutefois supérieure à 60 % tout au long de l'année.

Août est le mois le plus chaud, avec une température moyenne de 26,2 °C, tandis que janvier est le mois le plus froid, avec une température moyenne de 11,8 °C. Juillet est le mois le plus sec avec seulement 1 mm de précipitations, alors que novembre est le mois le plus pluvieux avec une moyenne de 68 mm de pluie.

7. 3. Variabilité climatique et changements futurs

Le climat à Oran est marqué par des étés longs et chauds, où les précipitations sont rares voire inexistantes, sous l'influence de l'anticyclone subtropical. Pendant près de quatre mois, la région bénéficie de conditions climatiques stables avec une température moyenne de 25 °C. En hiver, les précipitations peuvent être abondantes et parfois torrentielles, avec des occurrences rares de neige.

Les projections climatiques pour la région méditerranéenne indiquent une augmentation de la température de 4 °C d'ici la fin du siècle, ainsi qu'une diminution des précipitations annuelles, selon le Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides de Biskra. Le nord méditerranéen pourrait connaître davantage de précipitations en hiver et moins en été. Ces changements nécessiteront des ajustements dans la gestion des ressources agricoles et la planification urbaine à Oran pour atténuer les impacts des variations climatiques futures.

8.Caractéristiques Climatiques de la zone d'étude

8.1. Précipitation et température de la zone A

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jun	Juli	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
T Max (°C)	17	18	21	23	26	31	34	35	31	27	21	18
T Min (°C)	6	6	8	9	13	17	20	21	19	15	11	7

Tableaux 2 : Source: https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/semaine

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juli	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Pr (mm)	26	27	30	26	19	8	5	6	12	17	43	21

Tableaux 3 : Source : https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/semaine

8.2. Précipitation et température de la zone B

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jun	Juli	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
T Max (°C)	17	19	21	23	26	31	34	35	31	27	21	18
T Min (°C)	6	6	8	9	13	17	20	21	19	15	11	7

Tableaux 4 : Source : https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/semaine

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jun	Juli	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Pr (mm)	26	27	30	26	19	8	5	6	12	17	43	21

Tableaux 5 : Source : https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/semaine

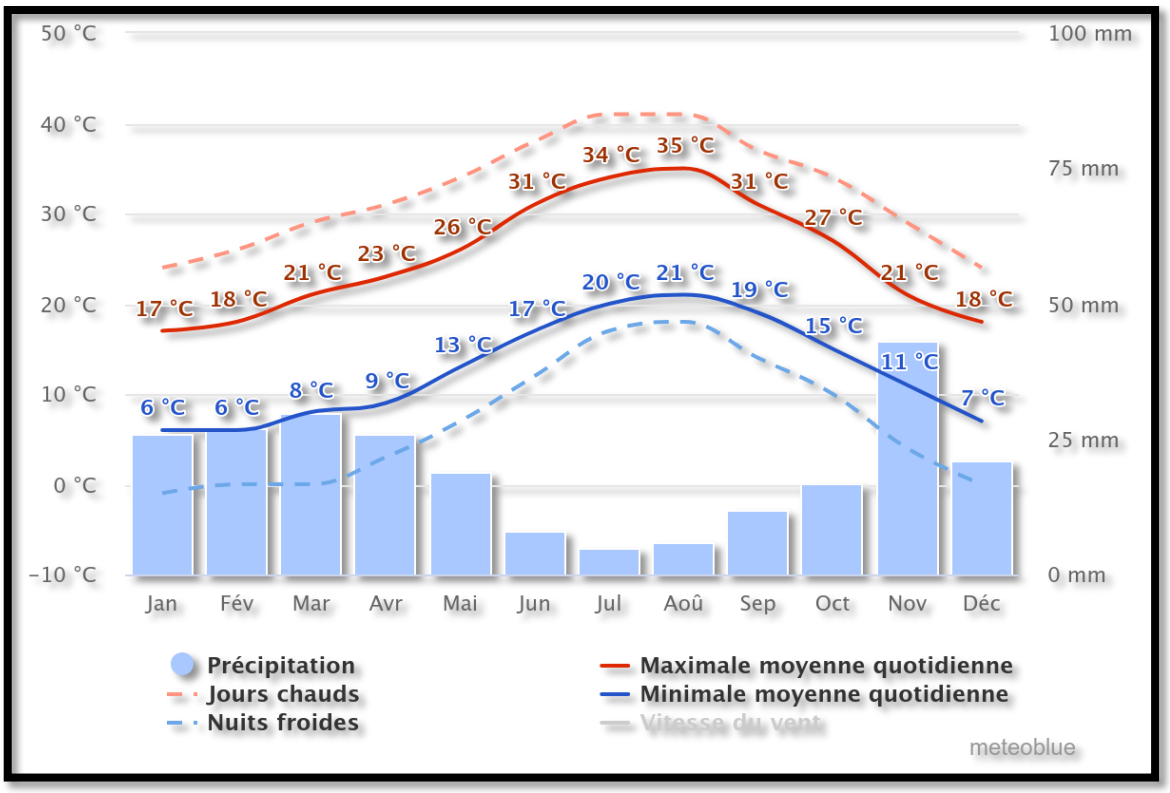
8.3. Précipitation et température de la zone C

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jun	Juli	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
T Max (°C)	18	19	21	23	26	31	35	35	31	27	21	18
T Min (°C)	6	6	8	10	14	17	20	22	19	16	11	7

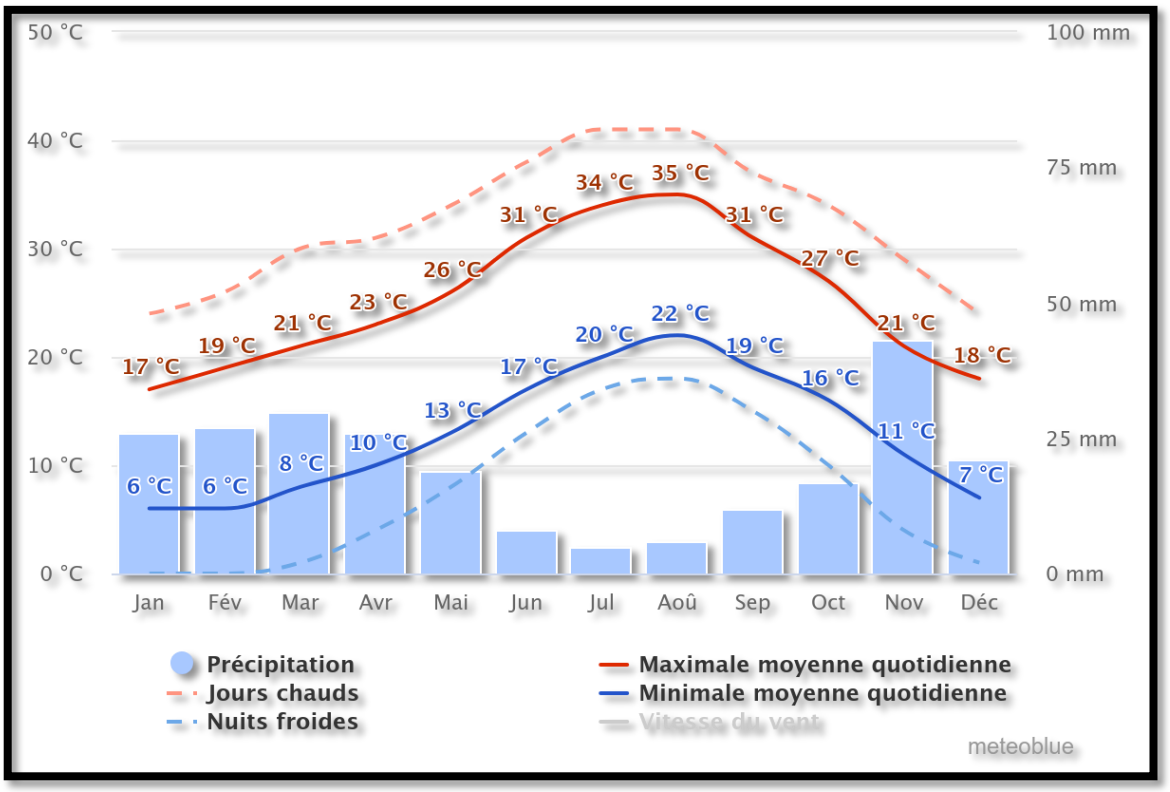
Tableaux 6 : Source : https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/semaine

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	dec
Pr (mm)	26	27	30	26	19	8	5	6	12	17	43	21

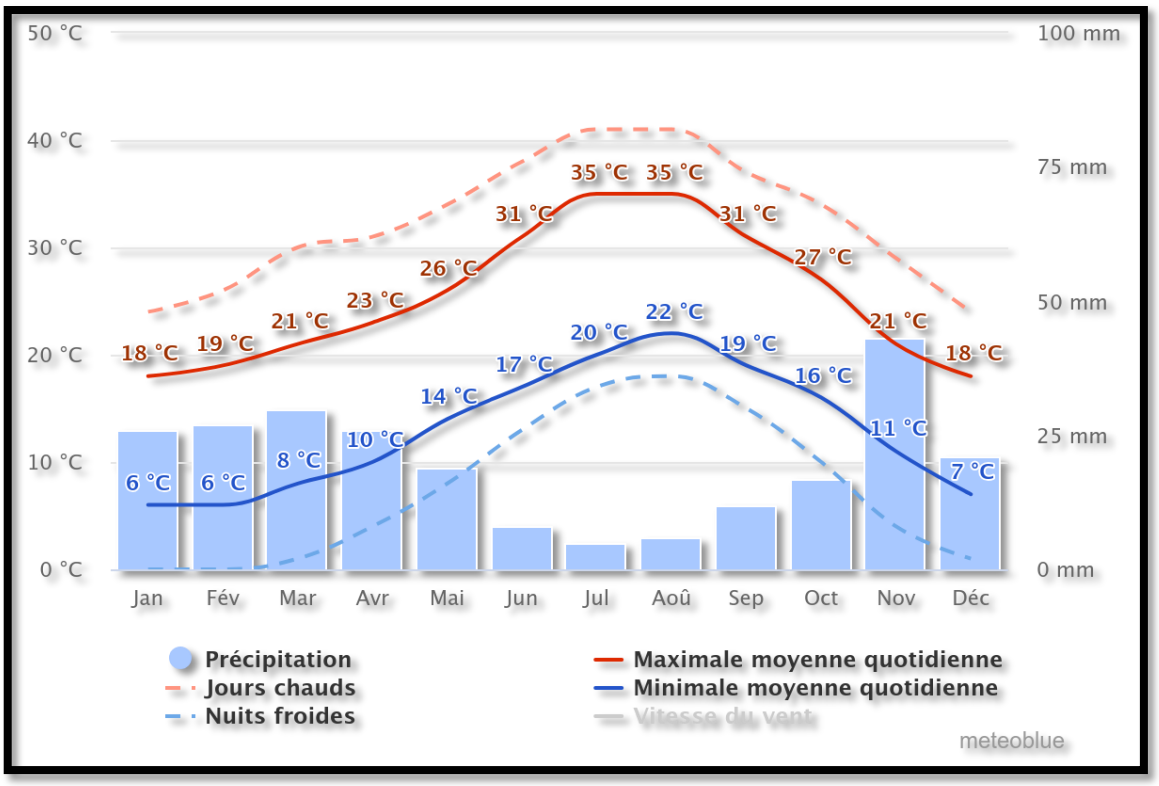
Tableaux 7 : Source : https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/semaine



Digramme 1 : Précipitation et température de la zone A. Source : https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/semaine



Digramme 2 : Précipitation et température de la zone B. Source : https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/semaine



Digramme 3 : Précipitation et température de la zone C. Source : https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/semaine

9. Caractéristiques socio-économiques

A. La démographie

En 2018, la wilaya d'Oran était l'une des régions les plus densément peuplées d'Algérie, comptant environ 2 053 204 habitants. Cette population était en constante croissance, alimentée par plusieurs facteurs socio-économiques.

Tout d'abord, la forte natalité contribuait à cette croissance démographique. Les taux de fécondité élevés dans la région ont conduit à une augmentation naturelle de la population. De plus, l'urbanisation rapide de la région d'Oran a attiré de nombreux habitants des zones rurales environnantes, à la recherche de meilleures opportunités économiques et d'une meilleure qualité de vie en milieu urbain.

En outre, la migration interne en provenance d'autres régions d'Algérie a également contribué à l'augmentation de la population. Oran, en tant que centre économique et industriel important, a attiré des travailleurs et des familles de différentes parties du pays, en quête d'emploi et de perspectives de développement.

Cette immigration a eu un impact significatif sur la dynamique sociale et économique de la région. Elle a contribué à la diversité culturelle et ethnique, enrichissant le tissu social de la wilaya. De plus, l'afflux de main-d'œuvre a stimulé l'économie locale, notamment dans les secteurs de la construction, de l'industrie et des services.

En somme, la wilaya d'Oran en 2018 était une région en pleine croissance démographique, tirée par une combinaison de facteurs tels que la natalité élevée, l'urbanisation rapide et l'immigration interne, ce qui a façonné sa dynamique sociale et économique.

b) Répartition de la population

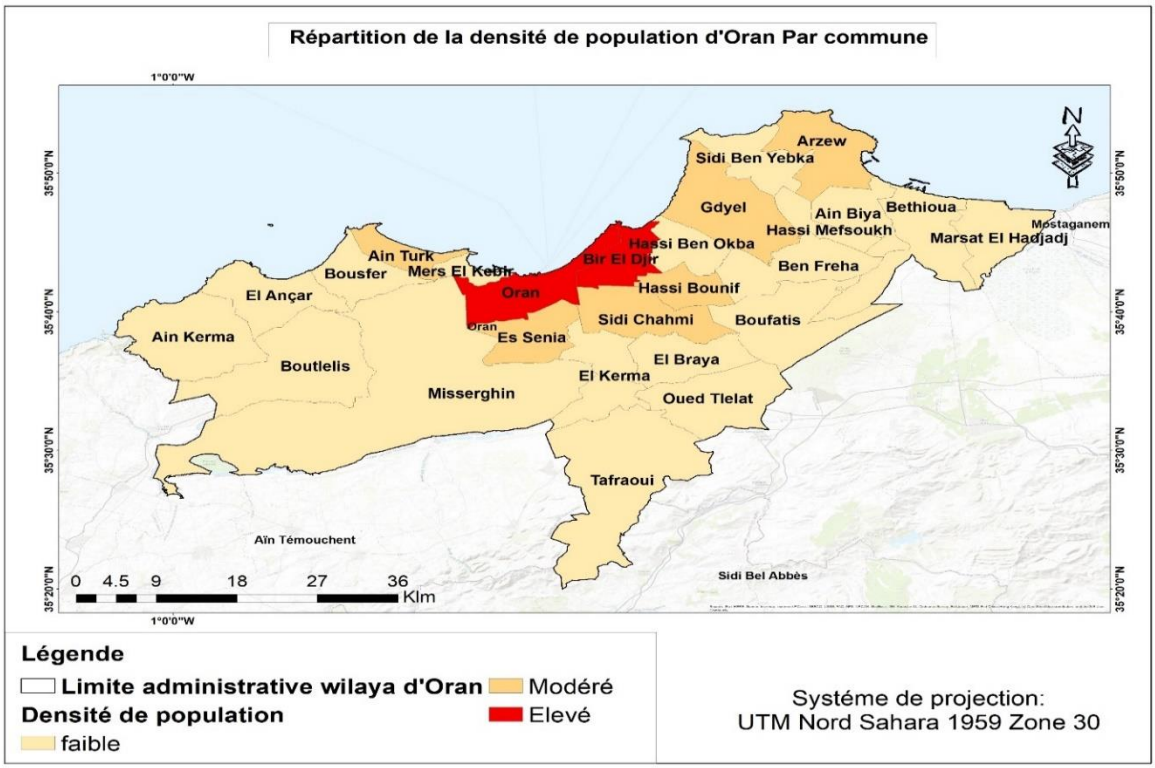


Figure 7 : répartition de la densité de population de zone étude

La répartition de la population dans les municipalités d'Es Senia, Oued Tlilat et Sidi Chahmi en 2018 montre des variations significatives. Es Senia, en tant que centre industriel majeur, comptait une population de 139 310 habitants, ce qui reflète sa forte densité urbaine et son attractivité économique. En revanche, Oued Tlilat, avec seulement 25 908 habitants, présentait une population beaucoup plus faible, indiquant une caractéristique plus rurale. Sidi Chahmi, avec une population de 189 614 habitants, se situait entre les deux, bénéficiant à la fois des opportunités urbaines et des ressources rurales. Ces différences dans la répartition de la population sont influencées par des facteurs tels que l'emploi, l'urbanisation et les caractéristiques socio-économiques propres à chaque municipalité. L'analyse de la répartition de la population dans ces trois zones d'étude au fil du temps, en 2008, 2010 et 2018, pourrait révéler des tendances démographiques intéressantes, notamment en ce qui concerne la croissance urbaine et les migrations internes.

Communes	Population	Communes	Population
Ain Biya	38525	Es Senia	139310
Ain Kerma	7950	Gdyel	47989
Ain Turk	45183	Hassi Ben Okba	18733
Arzew	103787	Hassi Bounif	83424
Ben Friha	33316	Hassi Mefsoukh	19094
Bethioua	21434	Mers El Hadjaj	15891
Bir El Djir	331838	Mers El Kebir	21545
Boufatis	13643	Missreghine	35665
Bousfer	26963	Oran	713382
Boutlélis	30283	Oued Tlilat	25908
El Ançor	15230	Sidi Ben Yebka	9731
El Braya	9124	Sidi Chahmi	189614
El Kerma	41642	Tafraoui	14001

Tableau 8 : La réparation de la population d'Oran par commune en 2018. Source : ONS

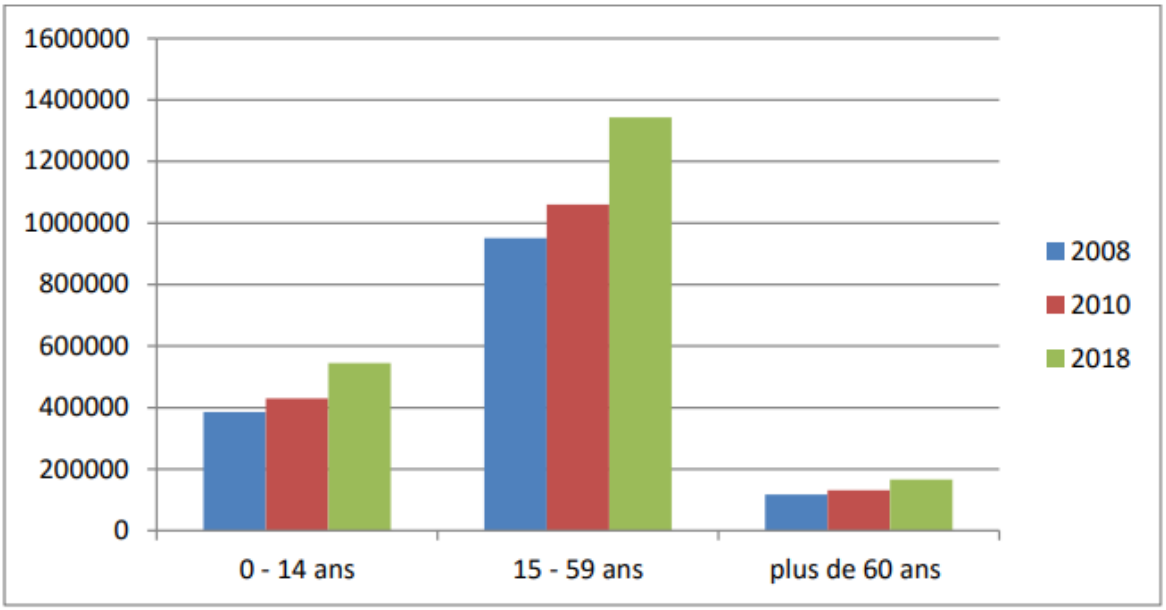


Diagramme 4 : de la réparation de la population d'Oran par tranches

D'âge (2008, 2010 et 2018). Source : ONS, 2018

10. Urbain

La zone d'étude a connu une expansion urbaine significative, notamment avec l'augmentation de 850 hectares entre 1987 et 2016. Cette croissance s'observe principalement à travers de nouveaux lotissements et constructions, souvent non planifiés et caractérisés par des habitats spontanés. Les zones comme Douar Belgaid et d'autres quartiers périphériques ont vu une augmentation notable de l'urbanisation, marquée par des développements immobiliers tels que les Logements Sociaux Promotionnels (LSP).

Une expansion importante a également été enregistrée dans la zone d'étude, avec une augmentation de 1676,6 hectares sur la même période. L'extension urbaine dans cette zone est largement dominée par des constructions anarchiques et non structurées, particulièrement visibles dans des zones comme Nedjma. Ces développements comprennent souvent des quartiers résidentiels informels et des lotissements clandestins, caractéristiques des régions connaissant une urbanisation rapide et non contrôlée.

Cette évolution urbaine reflète une croissance dynamique mais souvent non réglementée, influencée par divers facteurs économiques et sociaux dans la région d'Oran.

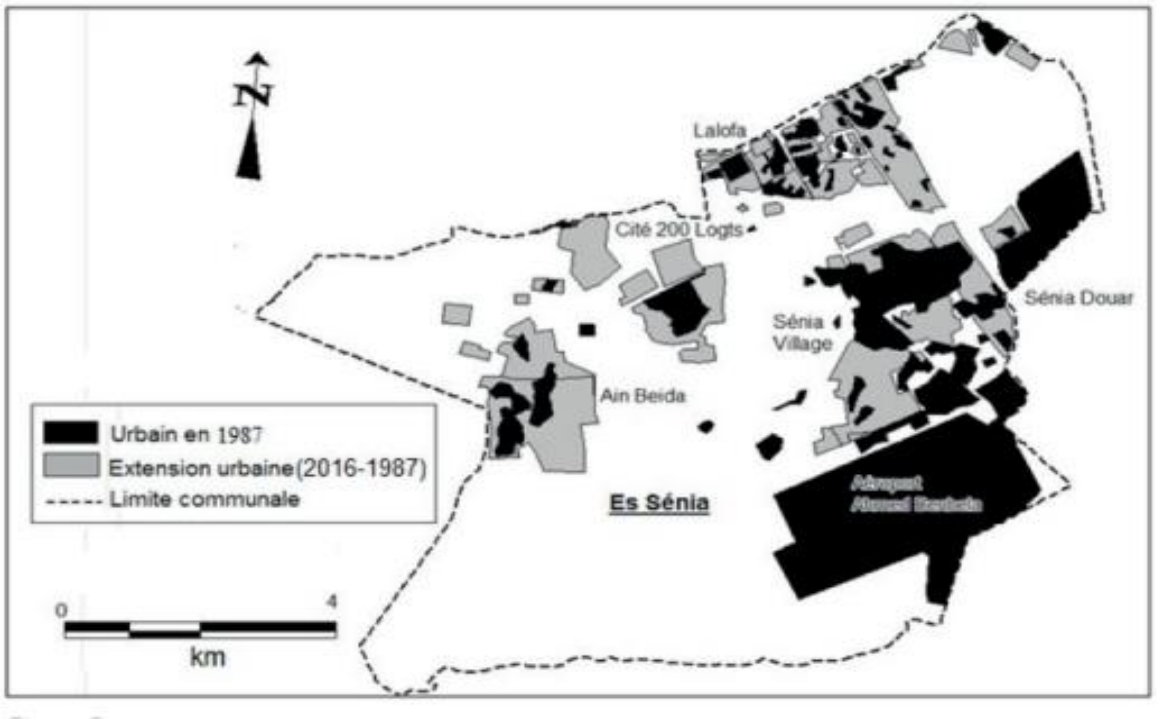


Figure 8 : Extension urbaine de la commune d’Es Sénia entre 1987 et 2016.

Source : Figure établie à partir des croisements de couches urbaines extraites des images satellitaires

(1987 et 2016).

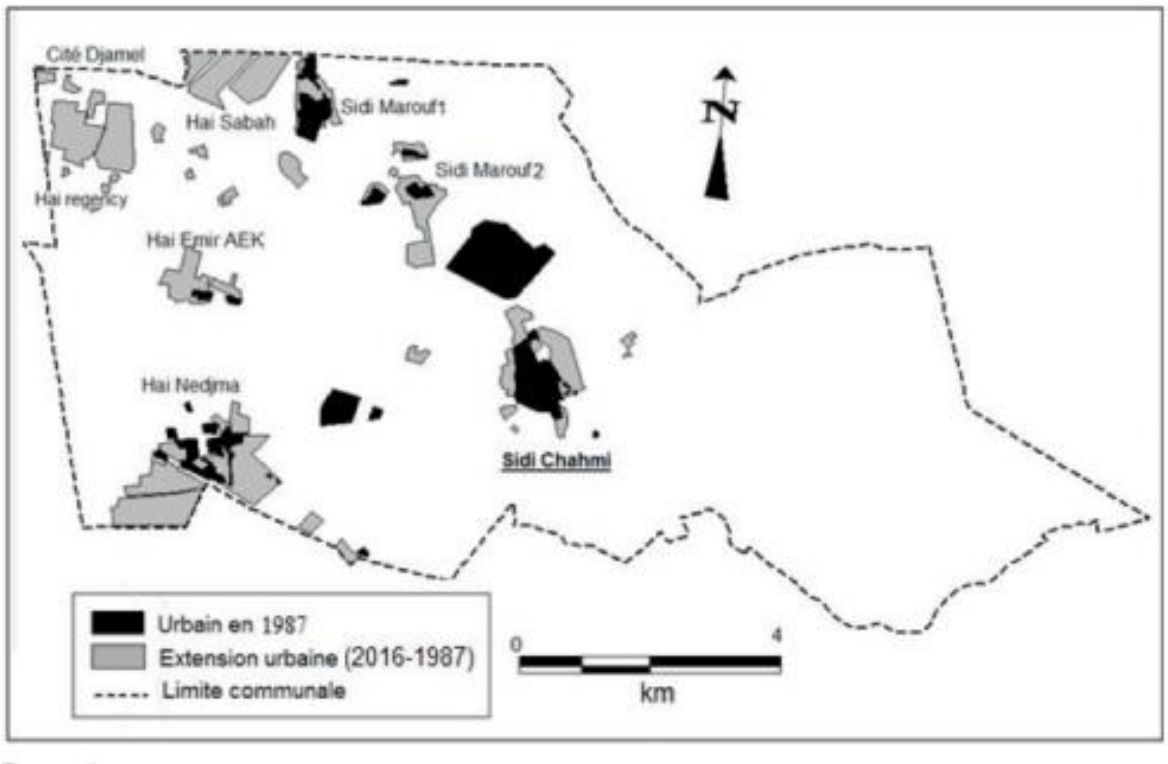


Figure 9 : Extension urbaine de la commune de Sidi Chahmi entre 1987 et 2016.

Source : Figure établie à partir des croisements de couches urbaines extraites des images satellitaires (1987 et 2016)

10.1 Evolution du parc de logement

L'évolution du parc de logements dans la zone d'étude, couvrant les communes de Sidi Chahmi, Es Senia, et Oued Tlilate, illustre des efforts significatifs pour répondre à la demande croissante de logements et améliorer les conditions de vie des résidents. La réhabilitation des bidonvilles, notamment le bidonville "Dubaï" à Sidi Chahmi, a été une priorité, avec 1000 unités de logements réservées pour reloger ces habitants à Oued Tlélat (Algeria 360). Oued Tlélat a également bénéficié d'une augmentation substantielle de logements sociaux, marquée par l'attribution de 2600 logements en 2022. Es Senia, accueillant plusieurs zones industrielles, continue de se développer avec de nouvelles infrastructures pour améliorer les conditions de vie et promouvoir un développement durable. Les zones d'activités économiques d'Oued Tlélat et de Sidi Chahmi ont été réhabilitées pour dynamiser l'économie locale et fournir de meilleures conditions pour les entreprises. Ces initiatives visent à offrir de meilleures conditions de vie aux résidents tout

en soutenant le développement économique local, reflétant une approche holistique du développement urbain durable.

10.2. Économie

La wilaya d'Oran présente une variété de secteurs d'activités, mais elle se distingue principalement par un tissu économique dominé par l'industrie. La région de la wilaya

Effectivement, d'Oran compte de nombreuses zones industrielles et centres économiques, ce qui en fait l'un des centres économiques les plus importants de l'Ouest algérien.

Oran est un centre économique important en Algérie. L'attrait économique et industriel de la ville attire de nombreux investisseurs et hommes d'affaires. La présence de manifestations d'envergure internationale, telles que la 16e Conférence et Salon International sur le Gaz Naturel Liquéfié (GNL16), a renforcé cette attractivité en avril 2010.

Tableaux 9 : Activités dominantes de la zone d'étude

Localisation	Domaine d'activités
Sidi Chami	Production de treillis-soudés Zones industrielles - Commerce de matériaux de construction - Activités de recyclage et de gestion des déchets industriels
Oued Tlélat	Agroalimentaire Agriculture et élevage - Transformation et conservation de produits alimentaires - Fabrication de produits laitiers et de boissons
Es Senia	- Industrie - Technologie et Recherche - Commerce - Transport et Logistique - Éducation et Formation - Services de Santé - Tourisme et Hôtellerie

La zone d'étude, qui comprend les municipalités de Sidi El Chahmi, Wadi Tlilat et Sanya, est une zone dynamique et intégrée en termes de disponibilité des services. Dans la municipalité de Sidi El Chahmi, les services industriels et commerciaux sont prédominants grâce à la production de filets soudés et au commerce de matériaux de construction, en plus des activités de recyclage et de gestion des déchets industriels qui contribuent à la préservation de l'environnement et à la durabilité des ressources. Dans l'oued Tliliat, la transformation des aliments, l'agriculture et l'élevage constituent l'épine dorsale de l'activité économique, soutenue par les services de transformation et de conservation des aliments et la fabrication de produits laitiers et de boissons, ce qui renforce la sécurité alimentaire et crée de nombreuses opportunités d'emploi pour la population locale. D'autre part, Sania se caractérise par ses services industriels, commerciaux et logistiques diversifiés, bénéficiant

de sa proximité avec l'aéroport international Ahmed Ben Bella, ainsi que de la présence d'établissements d'enseignement et de recherche de pointe qui fournissent des services d'enseignement et de formation contribuant au développement des compétences et de l'innovation. En outre, Sania offre des services de santé de pointe grâce à ses hôpitaux et centres médicaux, et attire les visiteurs grâce à son secteur touristique et hôtelier bien développé.

10.3. Agriculture

10.3.1. Présentation Générale de la Wilaya d'Oran

La wilaya d'Oran en Algérie dispose d'un potentiel important en termes de ressources locales, notamment en terres agricoles de bonne qualité, en cordon littoral et en zone de montagne et de piémont où l'agriculture de montagne est pratiquée et doit être préservée. La superficie agricole totale de la wilaya d'Oran est de 95 059,2 hectares, ce qui représente 47,2% de la superficie totale de la wilaya. Parmi cette superficie agricole totale, on retrouve une superficie agricole utile (SAU) de 86 757,39 hectares. Cela indique la part des terres agricoles effectivement utilisées pour des activités agricoles. Cependant, en raison de facteurs climatiques peu favorables, la superficie irriguée demeure relativement faible. Seulement 8 786,82 hectares, soit environ 10,12% de la SAU, sont irrigués. Cela souligne les défis auxquels est confrontée l'agriculture dans la région en raison de la disponibilité limitée de ressources en eau pour l'irrigation. La préservation de ces terres agricoles est d'une importance cruciale, car elles jouent un rôle essentiel dans la sécurité alimentaire et la production agricole de la région. Il est donc nécessaire de prendre des mesures appropriées pour protéger ces terres des pressions liées à l'urbanisation et à d'autres activités non agricoles.

10.3.2. Description des Zones d'Études

La zone d'étude, qui inclut les zones A, B et C de la wilaya d'Oran, présente une diversité d'occupations du sol et d'activités économiques. La zone A se caractérise par une couverture importante de terres agricoles (en jaune) avec des parcelles de cultures variées, profitant des conditions favorables pour l'agriculture, indiquant une forte activité agricole essentielle pour la production locale de denrées alimentaires. La présence d'un plan d'eau significatif dans cette zone est également notée, ce qui est crucial pour l'irrigation et les activités aquatiques. Des zones urbaines (en rouge) y sont dispersées, soutenant les activités agricoles et résidentielles en développement. La zone B montre également une

prépondérance de terres agricoles, mais avec une couverture végétale plus dense (en vert foncé), suggérant des cultures plus intenses ou des pratiques agricoles de conservation. Une couverture végétale substantielle y est observée, indiquant des zones naturelles ou des forêts qui contribuent à la biodiversité et à la stabilité écologique. La présence d'une zone humide importante (en bleu et entourée de noir) est cruciale pour la conservation de l'écosystème et pourrait jouer un rôle clé dans la régulation hydrologique et la biodiversité. La zone C est fortement urbanisée, avec une large concentration de zones urbaines (en rouge), probablement représentant la ville d'Oran et ses banlieues. L'urbanisation dense suggère une pression accrue sur les terres agricoles. Malgré cela, des parcelles agricoles subsistent, intégrées au paysage urbain, indiquant une coexistence des activités urbaines et agricoles typique des zones périurbaines. Un grand plan d'eau visible dans cette zone joue un rôle central dans les activités économiques et récréatives.

La carte montre clairement l'intégration des différents usages du sol, où l'agriculture joue un rôle crucial dans les zones A et B, fournissant des produits alimentaires et soutenant l'économie locale. Les zones urbaines, particulièrement dans la zone C, indiquent une infrastructure développée, comprenant des logements, des services commerciaux, des établissements éducatifs, et des infrastructures de transport, notamment autour de la ville d'Oran. Les zones humides et les plans d'eau ajoutent une dimension environnementale importante, contribuant à la durabilité écologique de la région. En conclusion, la zone d'étude représente un mélange équilibré d'activités agricoles, résidentielles et industrielles, avec une attention particulière à la gestion des ressources naturelles et à la conservation de l'environnement, ce qui est essentiel pour un développement harmonieux et durable.

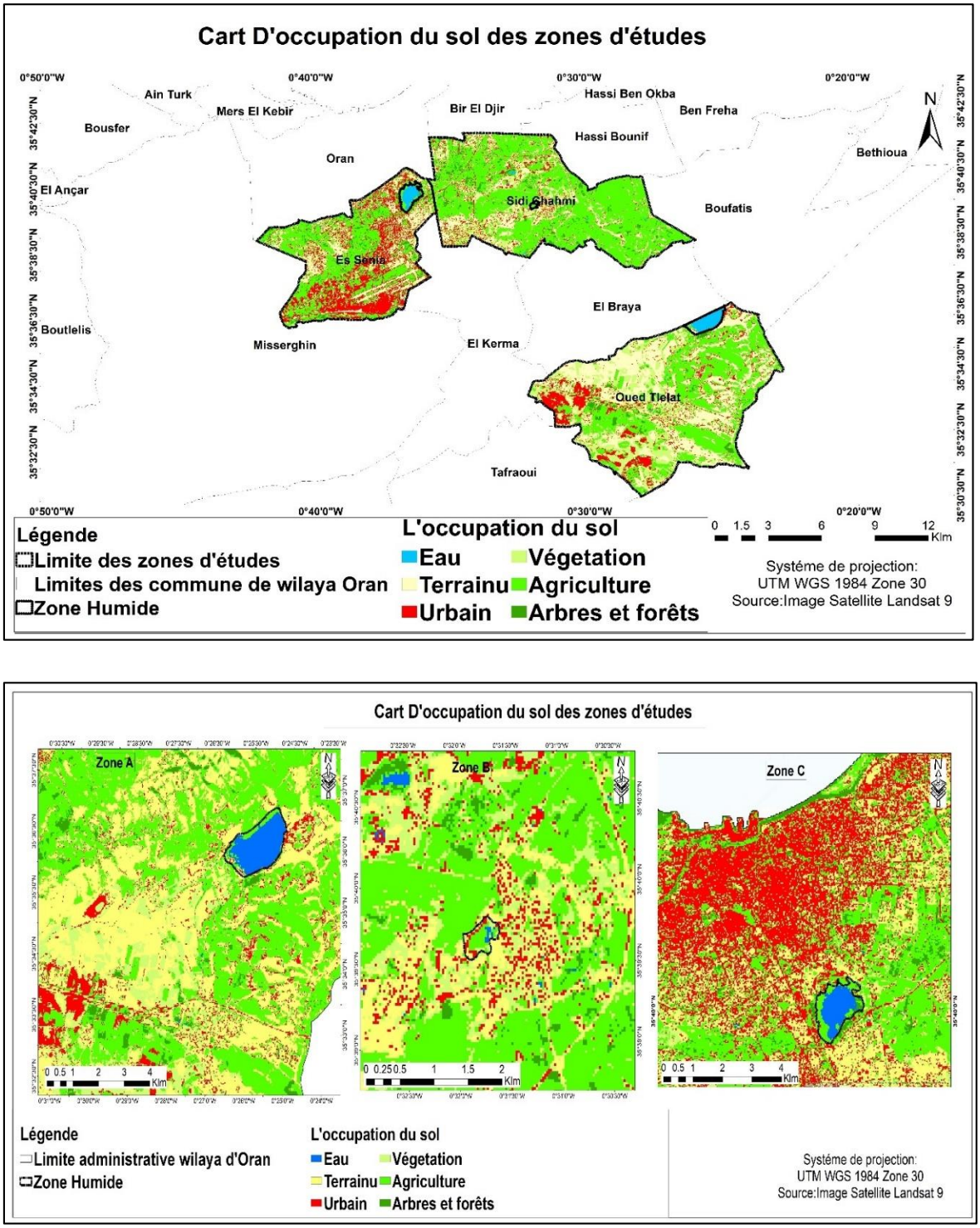


Figure 10 : Carte d'occupation du sol des zones d'études

10.4. Transport

10.4.1. Le réseau routier

Le réseau routier de la wilaya est un réseau très dense renforcé par une bretelle de l’autoroute

Est-ouest. Il est constitué de 1286,395 kilomètres

Infrastructures routières et ferroviaires, éléments de liaison

Analyse des Zones d'Étude

Zone A

Réseau routier : Présence de routes nationales comme la RN24 et des routes de wilaya telles que la CW75, facilitant la connexion avec les zones urbaines et rurales environnantes.

Réseau ferroviaire : La proximité des lignes ferroviaires assure un accès facile pour le transport de marchandises agricoles et industrielles.

Zone B

Réseau routier : Couverture par des routes de wilaya (CW74, CW35) et des segments de routes nationales (RN24), favorisant les déplacements locaux et régionaux.

Réseau ferroviaire : Bien desservie par le réseau ferroviaire, ce qui est crucial pour les zones agricoles et les zones humides, facilitant le transport des produits et la mobilité des habitants.

Zone C

Réseau routier : Forte concentration de routes principales, y compris la RN13 et la RN2, qui traversent la zone urbaine d'Oran, supportant un trafic dense et complexe.

Réseau ferroviaire : Le réseau ferroviaire et les projets de tramway en développement renforcent la connectivité urbaine, particulièrement utile pour une zone fortement urbanisée comme Oran.

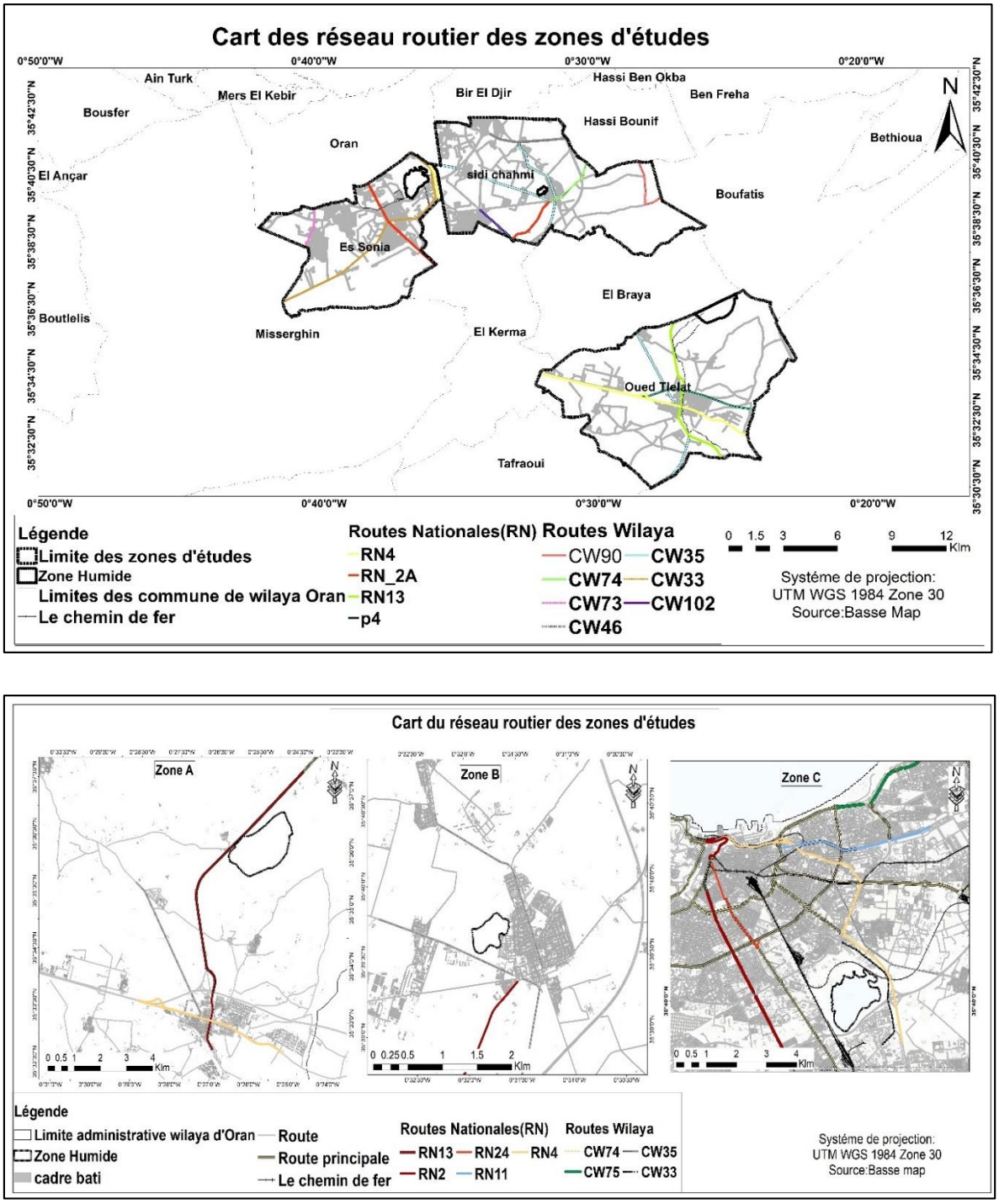


Figure 11 : Réseau routier et ferroviaire de la zone d'étude

11. Conclusion

La conclusion de ce chapitre introductif synthétisera les éléments clés explorés et établira le cadre contextuel essentiel pour l'étude sur l'impact du COVID-19 sur la qualité de l'eau dans les zones humides de la région d'Oran. En retraçant brièvement l'histoire d'Oran et en examinant ses caractéristiques géographiques, nous avons mis en évidence les facteurs historiques et naturels qui ont façonné la dynamique hydrologique de la région. Les caractéristiques topographiques et climatiques ont été analysées pour comprendre leur influence sur les potentialités hydrologiques des zones humides.

L'étude des dynamiques urbaines et de leur influence sur les écosystèmes aquatiques a révélé l'impact significatif de l'urbanisation rapide sur la qualité de l'eau. Les données démographiques ont souligné la pression croissante exercée par une population en expansion sur les ressources en eau. De plus, l'analyse des infrastructures, telles que les réseaux de transport et les zones industrielles, a permis de comprendre leur rôle potentiel dans la dégradation de la qualité de l'eau.

Enfin, en reconnaissant Oran comme un centre régional majeur, nous avons mis en évidence les activités économiques et les opportunités pour une gestion durable des ressources en eau. Ce cadre contextuel fournit une base solide pour l'analyse approfondie de l'impact du COVID-19 sur la qualité de l'eau dans les zones humides de la région d'Oran, en intégrant des considérations historiques, géographiques, climatiques, urbaines, démographiques et infrastructurelles.

Chapitre 03

Techniques et méthodes

1. Introduction

Ce chapitre se concentre sur les techniques et les méthodes employées dans cette étude pour évaluer la qualité de l'eau des zones humides d'Oran et analyser l'impact du confinement lié à la pandémie de Covid-19. L'objectif principal est de fournir une compréhension claire et détaillée des outils et des approches méthodologiques utilisés, permettant ainsi de reproduire et de vérifier les résultats obtenus.

Pour atteindre cet objectif, nous avons adopté une combinaison de méthodes de télédétection et d'analyse géospatiale, en utilisant Google Earth Engine (GEE). Cet outil offre une plateforme puissante pour le traitement et l'analyse de grandes quantités de données spatiales et temporelles, cruciales pour une évaluation précise et fiable des paramètres de qualité de l'eau.

Nous commencerons par une présentation des outils utilisés dans cette étude, en détaillant leurs fonctionnalités et leur pertinence pour notre recherche. Ensuite, nous décrirons la méthode suivie, incluant les étapes spécifiques de la collecte et du prétraitement des données satellitaires, l'évaluation des paramètres de qualité de l'eau de surface, ainsi que les techniques de validation et d'analyse des données. Enfin, nous discuterons des résultats obtenus et des implications de ces résultats pour la gestion et la protection des zones humides étudiées

Ce chapitre est structuré de manière à fournir une vue d'ensemble complète et cohérente des approches méthodologiques adoptées, tout en soulignant l'importance de l'utilisation de technologies innovantes pour l'étude et la gestion des écosystèmes aquatiques.

2. Présentation des outils

2.1. Google Earth Engine GEE

Google Earth Engine est une plateforme innovante permettant d'analyser et de visualiser des données géospatiales à grande échelle. Elle offre un accès à une archive publique contenant des images satellites et des données historiques couvrant plus de quarante ans. Destinée aux chercheurs, gouvernements, entreprises et organisations à but non lucratif, Earth Engine facilite des analyses complexes telles que l'évaluation de la couverture forestière, le suivi des changements d'utilisation des terres et la gestion des ressources en eau. Grâce à son intégration avec Google Cloud, elle offre une puissance de calcul et un accès à des ensembles de données tels que Landsat et Sentinel-2, permettant des analyses poussées via une interface API flexible et évolutive.

2.2 Les systèmes d'information géographique (SIG)

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont des outils incontournables pour évaluer la qualité de l'eau, notamment dans le contexte de l'étude des effets du Covid-19 sur les écosystèmes aquatiques. Dans cette étude portant sur trois zones humides de la région d'Oran, les SIG permettent une analyse fine des paramètres de la qualité de l'eau tels que la concentration en chlorophylle-a et la profondeur du disque de Secchi. En facilitant la collecte et l'intégration de données spatiales et temporelles provenant de sources variées, y compris les images satellitaires Sentinel-2 MSI Level-2B, les SIG offrent une vue d'ensemble complète sur l'évolution de la qualité de l'eau.

Les SIG organisent ces données en couches thématiques superposables, permettant d'identifier avec précision les zones où la qualité de l'eau s'est améliorée ou détériorée, notamment pendant le confinement lié à la pandémie de Covid-19. Ces systèmes permettent également de croiser des informations sur l'utilisation des terres et les sources potentielles de pollution, offrant ainsi une compréhension globale des interactions environnementales.

Grâce aux capacités de modélisation des SIG, des prédictions sur les futures évolutions de la qualité de l'eau peuvent être établies, aidant ainsi à anticiper les impacts de crises environnementales similaires. Enfin, les SIG sont des outils de communication efficaces, permettant de diffuser les résultats sous forme de cartes interactives et de rapports visuels, favorisant la sensibilisation à une gestion durable des ressources en eau.

Ainsi, les SIG jouent un rôle fondamental dans l'évaluation et la gestion des impacts environnementaux, particulièrement dans le contexte de la pandémie, et offrent des solutions pour une gestion durable des zones humides étudiées.

3. Matériels et méthodes

3.2 Sources de données

L'objectif principal de cette étude est d'analyser l'impact du confinement imposé en réponse à la pandémie de Covid-19 sur l'amélioration de la qualité de l'eau dans trois zones humides de la région d'Oran. Pour ce faire, nous avons utilisé les données de l'instrument multispectral (MSI) Sentinel-2 de niveau 2B, qui a commencé à fonctionner en 2017 (tableau).

Nous avons utilisé des images acquises entre janvier et décembre des années 2019, 2020, 2021 et 2022, avec un seuil maximal de couverture nuageuse de 20 % pour garantir la fiabilité. La plateforme Google Earth Engine (GEE) et un code de référence développé par (Page et al. 2019), amélioré par Geography Lounge (https://www.geography-lounge.com/courses/1726312/lectures/44199367), ont été modifiés et utilisés pour extraire la chlorophylle-a, l'indice d'état trophique (TSI) et le disque de Secchi (SD).

Le choix du GEE est validé par de nombreuses études démontrant son applicabilité pour la surveillance de la qualité de l'eau (Vaičiūtė et al. 2021) ; (Lobo et al. 2021) ; (Kislik et al. 2022) ; (Sherjah et al. 2023).

Les images obtenues ont ensuite été découpées, exportées en format raster et, à l'aide de l'environnement ArcGIS, transformées en vecteurs (Shapefile).

De plus, avant d'utiliser les données, il est crucial de les transformer du système de référence GCS WGS1984 au système UTM WGS 84 Z30. Cela permet de calculer les superficies pour une analyse statistique comparative.

3.3 Détails des étapes

1. Collecte des données satellitaires : Les données sont collectées à partir des satellites Sentinel 2B pour les années 2019, 2020, 2021 et 2022.

2. Prétraitement des images : Les images satellites sont corrigées pour les erreurs atmosphériques, géométriques et radiométriques.

3. Extraction des bandes spectrales pertinentes : Les bandes 4 et 5 de Sentinel 2B sont extraites pour leurs résolutions spatiales et longueurs d'onde centrales spécifiques.

4. Analyse des paramètres : Les paramètres clés tels que la Chlorophylle-a, le TSI et la transparence du disque de Secchi sont analysés.

- Calcul de la concentration de Chlorophylle-a : Utilisation des bandes spectrales pour estimer la concentration de Chlorophylle-a dans les zones humides.

- Calcul de l'Indice de l'état trophique (TSI) : Le TSI est calculé en fonction des concentrations de nutriments et de la biomasse algale.

- Mesure de la transparence du disque de Secchi : La clarté de l'eau est mesurée pour évaluer les variations spatiotemporelles.

5. Analyse spatiotemporelle des variations :

- Chlorophylle-a : Analyse des variations de la concentration de Chlorophylle-a sur la période d'étude.

- TSI : Analyse des variations de l'Indice de l'état trophique

- Transparence : Analyse des variations de la transparence de l'eau.

6. Discussion des résultats : Les résultats des analyses sont discutés pour comprendre les impacts du confinement lié au Covid-19 sur les paramètres étudiés.

7. Conclusion : Synthèse des découvertes

3-4 Traitement des données

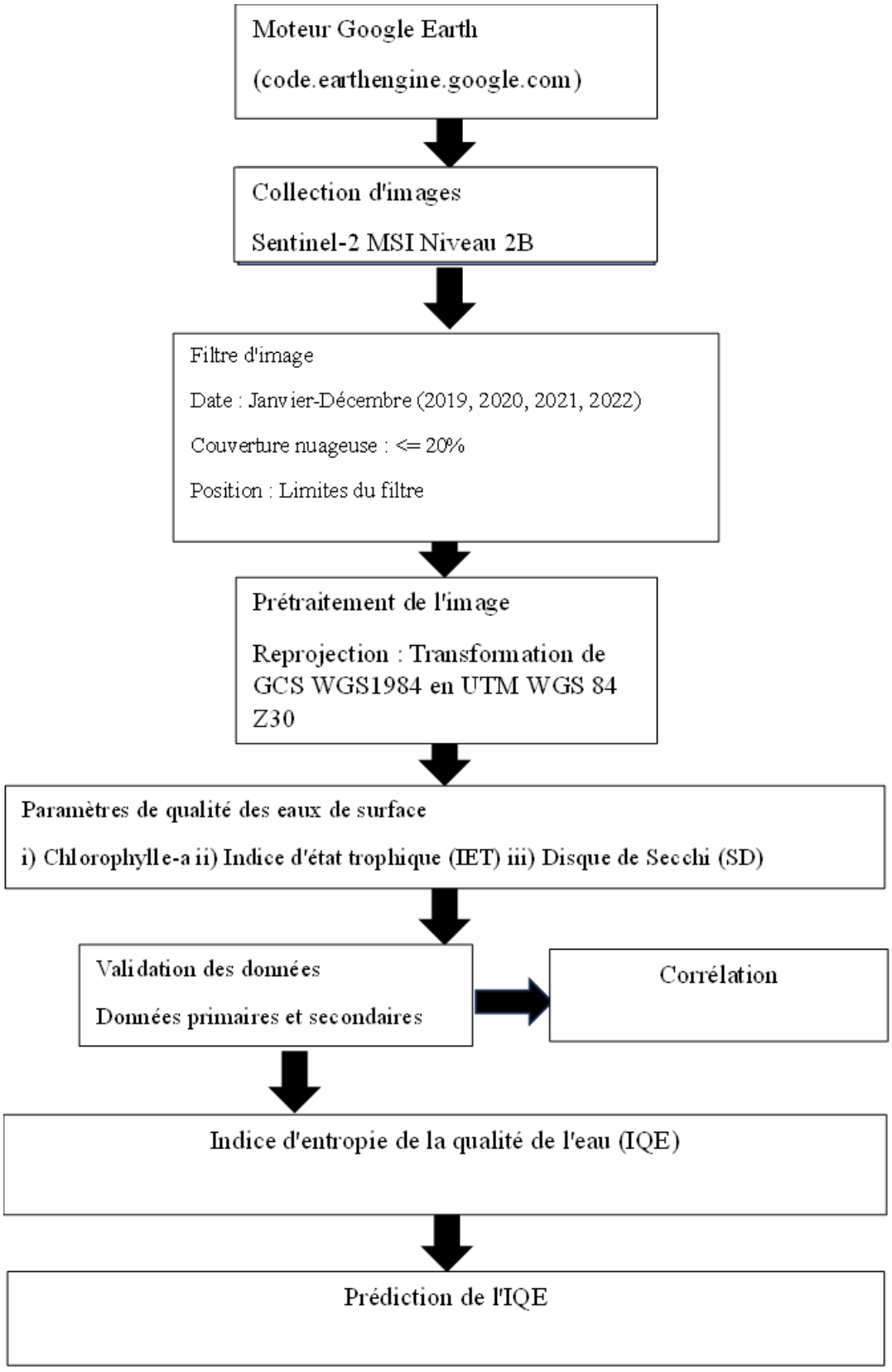


Schéma : de la méthodologie adoptée

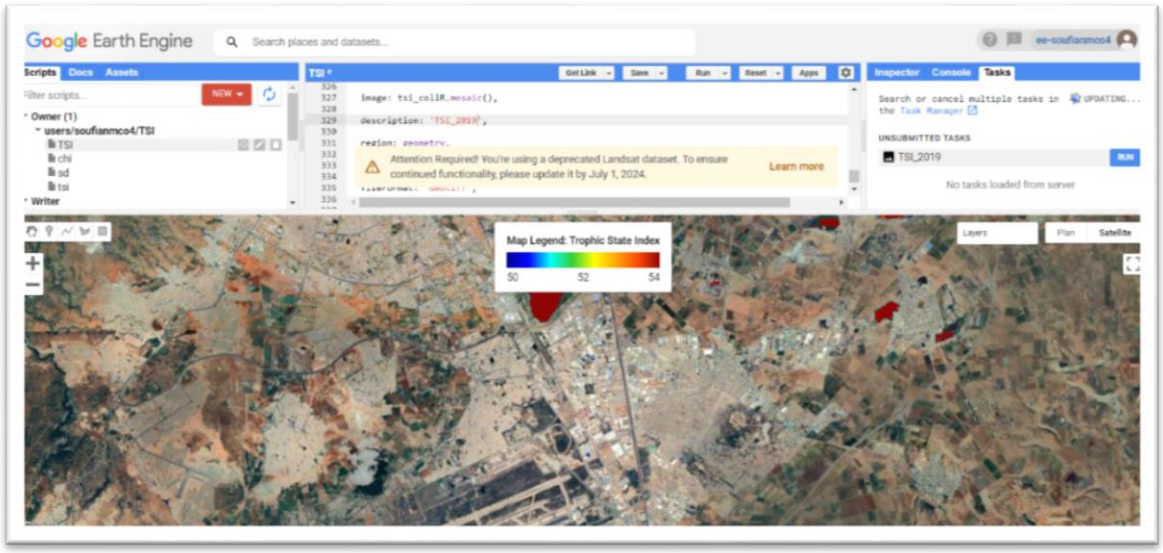


Figure12 : Cartographie de l'Indice d'État Trophique (TSI) pour 2019 Google Earth Engine

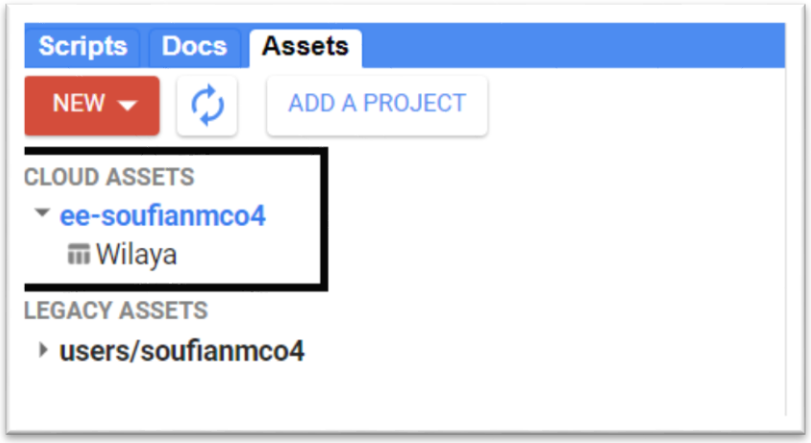


Figure 13 : Actif du moteur Google Earth "Wilaya"

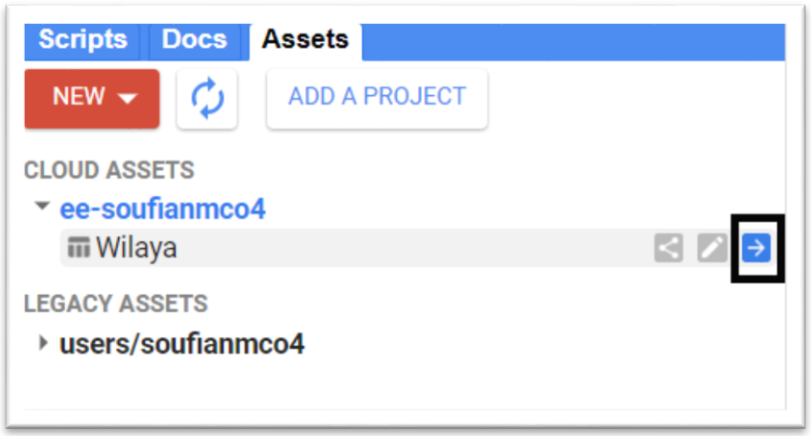


Figure14 : Sélection des ressources du Moteur Google Earth

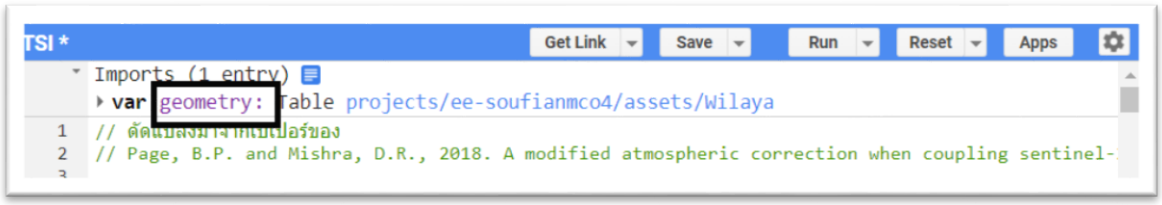


Figure15 : Sélection de la géométrie pour l'analyse TSI dans Google Earth Engine

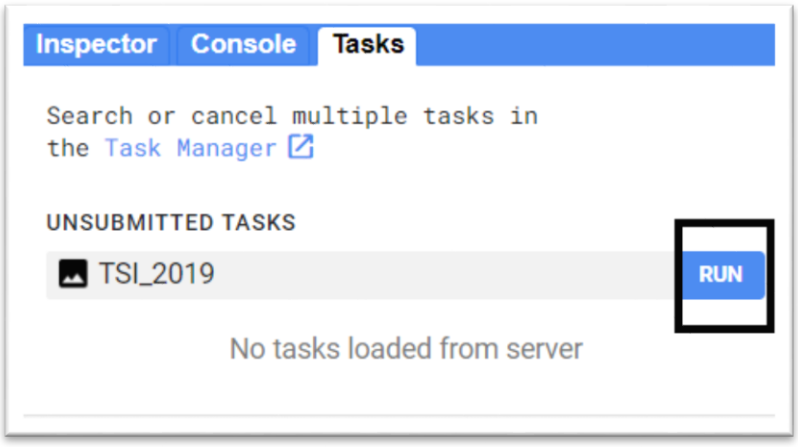


Figure16 : Exécution de la tâche TSI pour l'année 2019 dans Google Earth Engine

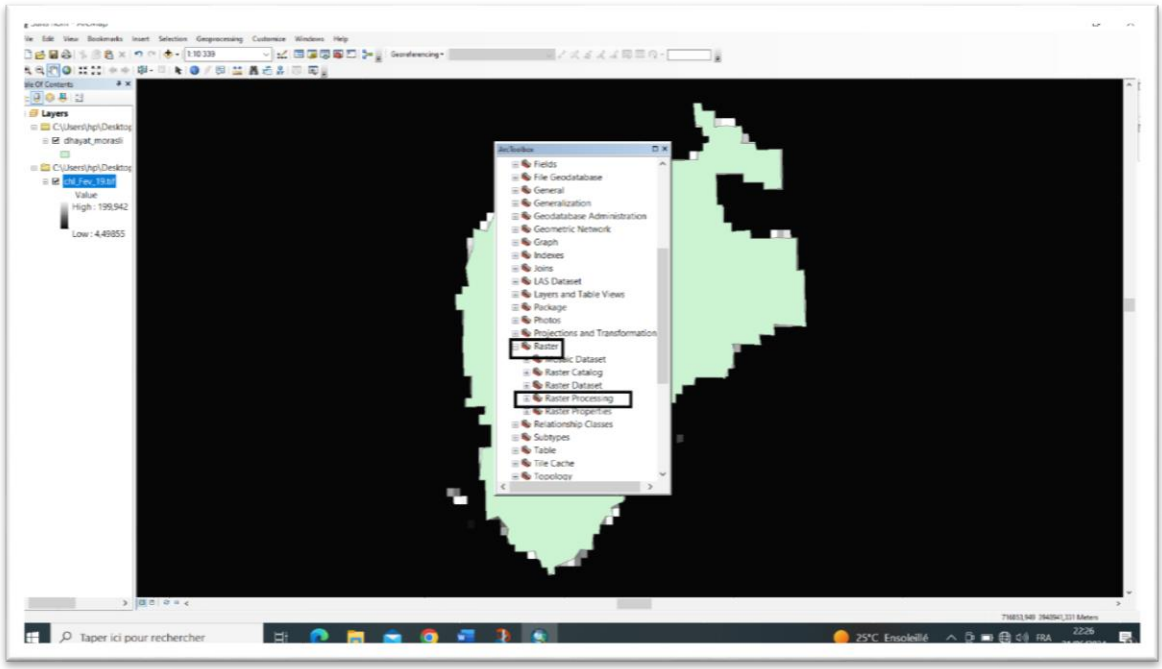


Figure17 : Traitement des données raster dans ArcMap pour l'analyse de la chlorophylle-a

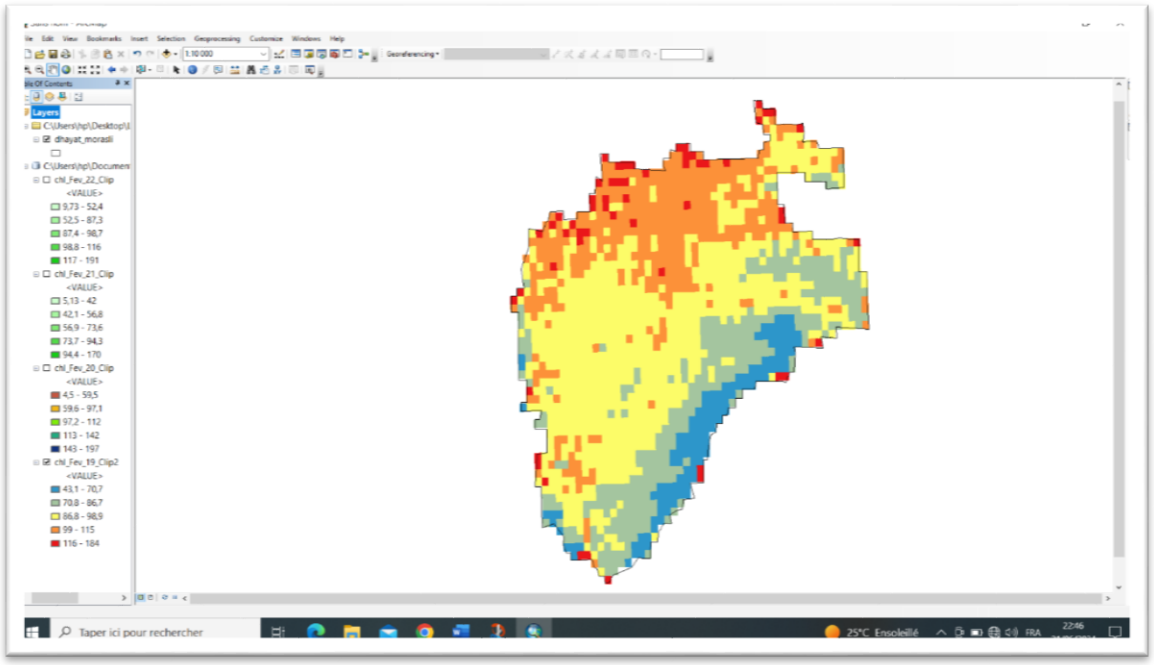


Figure18 : Évolution Spatiale de la Concentration de Chlorophylle-a dans la Zone d'Étude entre Février 2019 et Février 2022"

Tableau 10 : Détails des données utilisées dans l'étude

Données satellitaires	Numéro de bande	Résolution spatiale (m)	Longueur d'onde centrale (nm)	Date d'acquisition
Sentinel 2B	4	10	664.9	2019, 2020, 2021, 2022
	5	20	703.8	

En effet, la sélection des paramètres est justifiée par les travaux de Pavluk et Bij De Vaate (2008). Selon cette étude, le concept de l'état trophique repose sur l'idée que les variations des niveaux de nutriments (évaluées par le phosphore total) entraînent des changements dans la biomasse algale (évaluée par la chlorophylle-a), ce qui, à son tour, affecte la clarté du lac (mesurée par la transparence du disque de Secchi).

Dans cette étude, les données satellitaires de Sentinel 2B sont utilisées pour surveiller et analyser ces paramètres au cours de la période allant de 2019 à 2022. Les bandes spécifiques sélectionnées (Bande 4 et Bande 5) fournissent des données à différentes résolutions spatiales et longueurs d'onde centrales, qui sont essentielles pour évaluer avec précision la concentration de chlorophylle-a et d'autres paramètres pertinents.

- Bande 4 (664,9 nm, résolution de 10 m) : Cette bande est particulièrement sensible à la réflectance rouge, qui est utile pour évaluer la concentration de chlorophylle-a.

- Bande 5 (703,8 nm, résolution de 20 m) : Cette bande se situe dans la région spectrale du rouge, ce qui permet de détecter des changements subtils dans la végétation et la biomasse des algues.

2.2.1 Chlorophylle-a

La chlorophylle-a est le pigment partagé par toutes les espèces de phytoplancton (Reinart et Kutser 2006). Elle joue un rôle central dans le processus de photosynthèse, qui est crucial pour la production d'énergie chez les organismes photosynthétiques (Björn et al. 2009). En effet, la concentration de chlorophylle-a dans l'eau est souvent utilisée comme indicateur de la qualité de l'eau (Muduli et al. 2021; Bramich et al. 2021), notamment dans les systèmes aquatiques tels que les lacs, les rivières et les réservoirs. Dans cette étude, avant de calculer la concentration de chlorophylle-a (Chl-a), il est essentiel de calculer l'Indice Normalisé de Différence de Chlorophylle (NDCI), un indice de végétation couramment utilisé en télédétection pour évaluer la concentration de chlorophylle dans la végétation.

Selon Muduli et al. (2021), la haute précision (R^2 = 0,95 ; $p < 0,0001$; gamme = 1–60 µg/l; RMSE = 2 µg/l) du modèle de Chl-a développé par Mishra et Mishra (2012) l'a rendu largement utilisé dans de nombreuses études de télédétection. Selon Bramich et al. (2021), le modèle est généralement exprimé par les équations suivantes (Eq. 1) et (Eq. 2).

$$Chl - a = 14.039 + 86.115(NDCI) + 194.325(NDCI)^2 \quad \text{..... (1)}$$

$$NDCI = \frac{R_{nir} - R_{red}}{R_{nir} + R_{red}} \quad \text{.....(2)}$$

where R_{red} and R_{nir} are MSI bands 4 at 665 nm and 5 at 704 nm respectively

i. Détails supplémentaires

ii. Importance de la Chlorophylle-a

- Rôle dans la photosynthèse : La chlorophylle-a est le principal pigment impliqué dans la capture de la lumière pour la photosynthèse, un processus vital qui permet aux plantes et aux phytoplanctons de convertir la lumière solaire en énergie chimique.

- Indicateur de qualité de l'eau : Les concentrations élevées de chlorophylle-a peuvent indiquer une forte biomasse de phytoplanctons, souvent associée à des conditions eutrophes qui peuvent résulter de la pollution par les nutriments. Cela peut mener à des proliférations d'algues, réduisant ainsi la qualité de l'eau et affectant négativement les écosystèmes aquatiques.

iii. Calcul de l'Indice Normalisé de Différence de Chlorophylle (NDCI)

- Rédaction et NIR : L'indice NDCI utilise les réflectances dans les bandes du rouge (665 nm) et du proche infrarouge (704 nm) pour estimer la concentration de chlorophylle. La réflectance dans le proche infrarouge est généralement plus sensible aux variations de chlorophylle-a en raison de son interaction avec la biomasse des phytoplanctons.

- Équation (2) : L'équation de l'NDCI est une formule simple de différence normalisée qui maximise le contraste entre les zones de haute et basse concentration de chlorophylle, facilitant ainsi leur détection à partir des images satellites.

iv. Modèle de Chlorophylle-a

- Équation (1) : Le modèle polynomial de deuxième degré pour Chl-a utilise les valeurs de NDCI pour fournir une estimation quantitative de la concentration de chlorophylle-a en microgrammes par litre (µg/l). Ce modèle est particulièrement utile pour les analyses spatiotemporelles de la qualité de l'eau.

- Validation et précision : Le modèle développé par Mishra et Mishra a été validé avec une haute précision, rendant ses estimations fiables pour les études de télédétection.

2.2.2 Indice de l'État Trophique (TSI)

L'Indice de l'État Trophique (TSI) est une échelle numérique largement utilisée pour évaluer et quantifier la qualité de l'eau (Sherjah et al. 2023; Zhu et Mao 2021). Il indique l'état trophique, qui fait référence au niveau de productivité biologique ou d'enrichissement en nutriments dans un plan d'eau. L'état trophique est souvent lié à des facteurs tels que la croissance des algues, la clarté de l'eau et la santé globale de l'écosystème. Le TSI est calculé à l'aide de formules qui combinent ces paramètres. Selon Pavluk et Bij De Vaate (2008), les formules pour calculer le TSI sont présentées dans les équations (Eq.3), (Eq.4), et (Eq.5). Chacune de ces trois formules peut théoriquement être utilisée pour classifier un plan d'eau, et il est également possible de considérer la moyenne entre elles.

i. Détails supplémentaires

ii. Importance de l'Indice de l'État Trophique (TSI)

- Évaluation de la productivité biologique : Le TSI permet de quantifier la productivité biologique dans les plans d'eau, fournissant ainsi des indications sur l'enrichissement en nutriments et les niveaux de productivité primaire, principalement dus aux algues et aux cyanobactéries.

- Indicateur de la qualité de l'eau : Un TSI élevé indique généralement une eutrophisation, un état où une forte concentration de nutriments conduit à une croissance excessive des algues, ce qui peut avoir des effets néfastes sur la qualité de l'eau et la santé des écosystèmes aquatiques.

iii. Formules de calcul du TSI

$$TSI = 30.6 + 9.81 \ln(Chlorophyll - a(\mu g/l)) \quad (3)$$

$$TSI = 60 - 14.41 \ln(Secchi\ disk\ depth\ (m)) \quad (4)$$

$$TSI = 4.15 + 14.42 \ln(total\ phosphorus(\mu g/l)) \quad (5)$$

- Équation (3) : Cette formule utilise la concentration de chlorophylle-a pour estimer le TSI. La chlorophylle-a est un indicateur direct de la biomasse algale et, par conséquent, de la productivité primaire.

- Équation (4) : Cette formule utilise la profondeur du disque de Secchi, un indicateur de la clarté de l'eau. Une faible profondeur de Secchi indique une forte turbidité, souvent causée par une croissance algale élevée.

- Équation (5) : Cette formule utilise la concentration de phosphore total, un nutriment clé qui stimule la croissance des algues. Le phosphore est souvent le facteur limitant dans les écosystèmes aquatiques, et son augmentation peut provoquer une eutrophisation.

iv. Application du TSI

- Classification des plans d'eau : Les valeurs de TSI permettent de classer les plans d'eau en différentes catégories trophiques, telles que oligotrophe (faible productivité), mésotrophe (productivité modérée) et eutrophe (haute productivité).

- Moyenne des indices : Pour une évaluation plus complète et précise de l'état trophique d'un plan d'eau, il est possible de calculer la moyenne des indices obtenus à partir des trois formules. Cela permet de prendre en compte plusieurs aspects de la qualité de l'eau.

2.2.3 Disque de Secchi (SD)

La clarté des eaux de surface est fréquemment associée à la concentration de nutriments végétaux dans l'eau (Gao et al. 2020). Une augmentation de la quantité de nutriments favorise la prolifération du phytoplancton (Rose et al. 2021), entraînant une diminution de la transparence de l'eau (Pavluk et Bij De Vaate 2008). Le disque de Secchi est un outil simple mais efficace utilisé dans l'évaluation de la qualité de l'eau (Liu et al. 2019). Ce disque est un disque plat et blanc avec des quadrants alternant en noir et blanc. Il est immergé dans l'eau jusqu'à ce qu'il devienne invisible, et la profondeur à laquelle il disparaît, appelée profondeur de Secchi, est mesurée. La profondeur de Secchi sert d'indicateur de la transparence ou de la clarté de l'eau et est couramment utilisée dans diverses évaluations environnementales et écologiques (Lee et al. 2015).

a. Détails supplémentaires

b. Importance de la Clarté de l'Eau

- Lien avec les Nutriments : La clarté de l'eau est souvent affectée par les concentrations de nutriments, comme le phosphore et l'azote, qui favorisent la croissance du phytoplancton. Une eau claire indique généralement des niveaux de nutriments plus bas et une moindre activité biologique.

- Impact sur les Écosystèmes : La diminution de la transparence de l'eau due à une croissance excessive du phytoplancton peut avoir des effets néfastes sur les écosystèmes aquatiques, en réduisant la lumière disponible pour les plantes aquatiques et en perturbant les habitats des espèces aquatiques.

c. Méthode du Disque de Secchi

- Description de l'outil : Le disque de Secchi est un disque circulaire, généralement de 20 à 30 cm de diamètre, divisé en quatre quadrants alternant en noir et blanc. Cette conception facilite la visibilité du disque dans l'eau.

- Procédure de Mesure : Le disque est lentement abaissé dans l'eau à l'aide d'une ligne graduée jusqu'à ce qu'il ne soit plus visible. La profondeur à laquelle le disque disparaît est

notée. Ensuite, il est remonté jusqu'à ce qu'il redevienne visible et cette profondeur est également notée. La profondeur de Secchi est la moyenne des deux mesures.

d. Utilisation dans les Évaluations Environnementales

- Indicateur de la Qualité de l'Eau : La profondeur de Secchi est un indicateur direct de la transparence de l'eau, qui peut refléter les conditions trophiques du plan d'eau. Des eaux plus claires indiquent généralement des niveaux trophiques inférieurs (oligotrophes), tandis que des eaux plus turbides peuvent indiquer des niveaux trophiques supérieurs (eutrophes).

- Application dans la Recherche : Les mesures de la profondeur de Secchi sont utilisées dans de nombreuses études environnementales et écologiques pour évaluer les changements dans la qualité de l'eau au fil du temps, analyser les impacts des activités humaines et surveiller les efforts de conservation.

3. Résultats et discussion

La Figure 2 illustre les variations spatio-temporelles de la chlorophylle-a (Chl-a), de l'Indice de l'État Trophique (TSI) et de la profondeur du disque de Secchi (SD) pour les années 2019, 2020, 2021 et 2022.

3.1. Chlorophylle-a

L'analyse statistique de la chlorophylle-a (Figure 3.a) pour le lac DMo montre qu'en 2019, la moyenne était de 41,73 µg/l, avec une réduction marginale de 0,18 µg/l enregistrée en 2020 (moyenne de 41,55 µg/l). En 2021, une diminution significative est observée avec une valeur de 21,01 µg/l, suivie d'une légère augmentation de 2,82 µg/l en 2022 (totalisant 23,83 µg/l). De même, le lac SCh a enregistré une baisse des valeurs de chlorophylle, avec 42,82 µg/l en 2019, 32,17 µg/l en 2020, 23,08 µg/l en 2021 et 16,17 µg/l en 2022. Quant au lac DORh, la chlorophylle a diminué de 7,44 µg/l entre 2019 et 2020 (53,77 µg/l en 2019 contre 46,33 µg/l en 2020). De plus, une augmentation à 61,96 µg/l est observée en 2021, suivie d'une diminution à 25,3 µg/l en 2022.

3.2. Indice de l'État Trophique (TSI)

Pour l'Indice de l'État Trophique (TSI) (Figure 3.b), les valeurs obtenues indiquent l'effet positif du confinement sur la qualité de l'eau. Pour le lac DMo, la moyenne est de 5,95 en 2019. En 2020, cette moyenne a diminué à 5,86. Une baisse notable des valeurs de TSI est enregistrée en 2021 avec une moyenne de 5,36 (une diminution de 0,5). Une augmentation de 0,51 (résultant en un TSI de 0,87) est observée en 2022. Pour le lac SCh, le TSI a enregistré une augmentation de 0,41 entre 2019 et 2020 (5,32 en 2019 contre 5,73 en 2020), suivie d'une baisse significative de 1,61 en 2021. Une augmentation à 4,81 est observée en 2022. Les mêmes changements ont également affecté le lac DORh, avec une augmentation de 0,02 entre 2019 et 2020, suivie d'une diminution à 5,32 en 2021 avant que les valeurs augmentent de nouveau pour atteindre 5,85 en 2022.

3.3. Disque de Secchi (SD)

De même, le disque de Secchi (Figure 3.c) confirme l'effet positif du confinement sur les caractéristiques physico-chimiques de l'eau dans les trois zones humides étudiées. Le lac DMo a enregistré une amélioration significative de la clarté de l'eau avec une profondeur moyenne de 1,31 mètre en 2019, 1,51 mètre en 2020, atteignant 2,75 mètres en 2021. Cette

clarté est considérablement réduite à une profondeur de 1,33 mètre en 2022. La même tendance est également observée pour le lac SCh, avec une amélioration de 1,40, 1,43 et 2,07 mètres en 2019, 2020 et 2021, respectivement. Cela est suivi par une diminution de la profondeur pour atteindre 1,31 mètre en 2022. Pour le lac DORh, la qualité de l'eau s'est considérablement améliorée entre 2019, 2020 et 2021 avec des profondeurs de 1,16, 1,75 et 2,61 mètres, respectivement. Cependant, une baisse de la qualité de l'eau est observée en 2022 avec une profondeur maximale de 1,4 mètre.

4. Analyse et Discussion Détaillée

4.1. Variations de la Chlorophylle-a (Chl-a)

- Lac DMo : La diminution significative de Chl-a en 2021 peut être attribuée à une réduction des apports en nutriments due aux mesures de confinement. L'augmentation en 2022 pourrait être liée à la reprise des activités humaines post-confinement.

- Lac SCh : La tendance générale à la baisse de Chl-a de 2019 à 2022 indique une amélioration continue de la qualité de l'eau, avec un pic de réduction en 2021.

- Lac DORh** : Les fluctuations de Chl-a, avec une augmentation en 2021, peuvent indiquer des variations saisonnières ou des changements dans les apports en nutriments.

4.2. Indices Trophiques (TSI)

- Interprétation des TSI : Les baisses de TSI en 2021 pour les trois lacs montrent une amélioration de la qualité de l'eau en raison des confinements. Les augmentations en 2022 suggèrent un retour à des conditions pré-pandémiques.

- Comparaison inter-lacs : Les différences entre les lacs en termes de variation de TSI peuvent refléter des caractéristiques locales uniques, telles que l'utilisation des terres, la densité de population et les sources de pollution.

4.3. Profondeur du Disque de Secchi (SD)

- Améliorations de la Clarté de l'Eau : Les augmentations de la profondeur de Secchi en 2020 et 2021 montrent une clarté accrue de l'eau, probablement due à une réduction de la pollution et des apports en nutriments pendant le confinement.

- Réductions en 2022 : Les diminutions observées en 2022 peuvent être attribuées à la reprise des activités humaines et à l'augmentation des apports en nutriments, réduisant ainsi la clarté de l'eau.

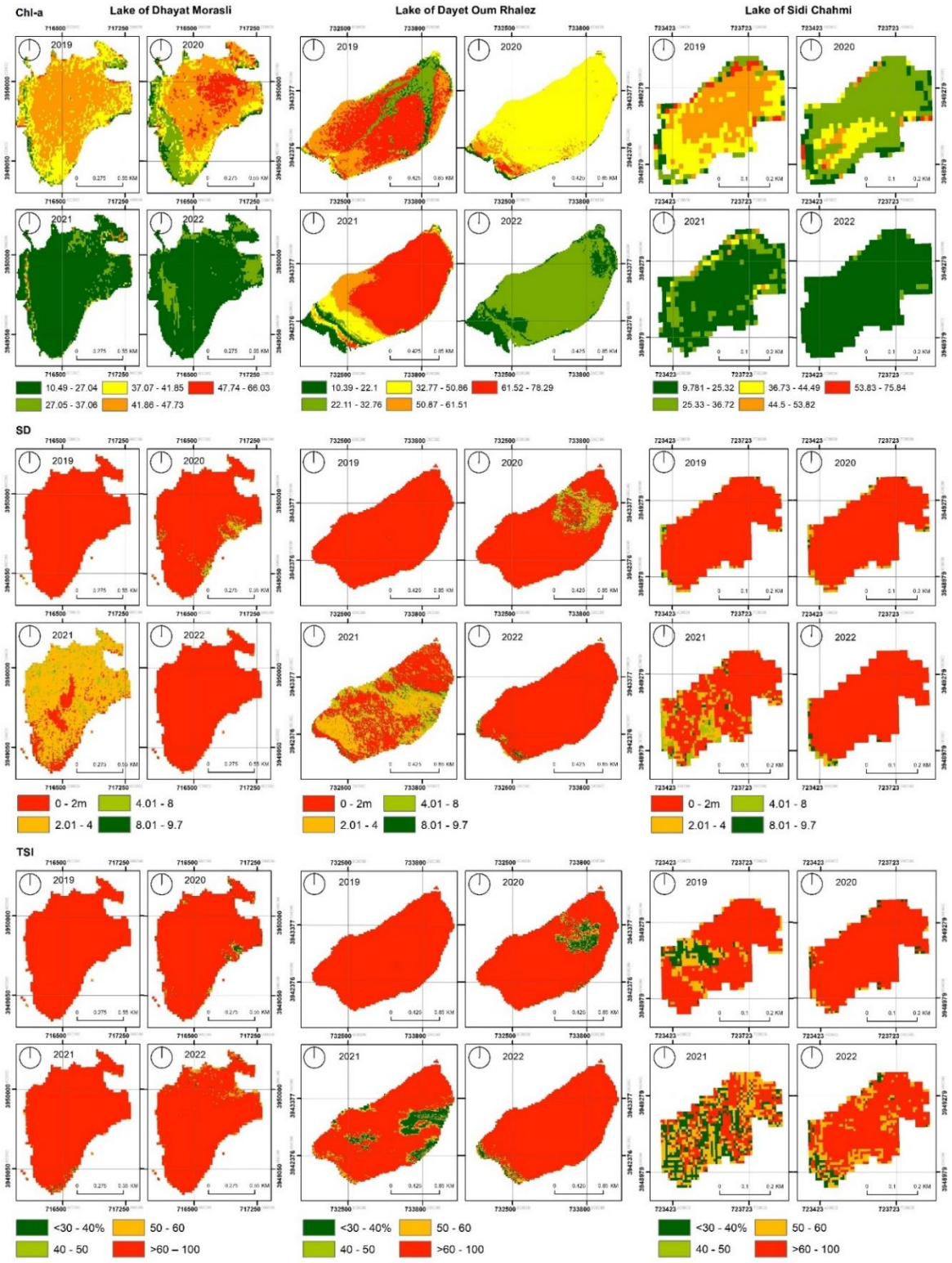


Figure19: Variations spatio-temporelles de la chlorophylle-a, du disque de Secchi et de l'indice trophique (TSI) pour les années 2019, 2020, 2021 et 2022

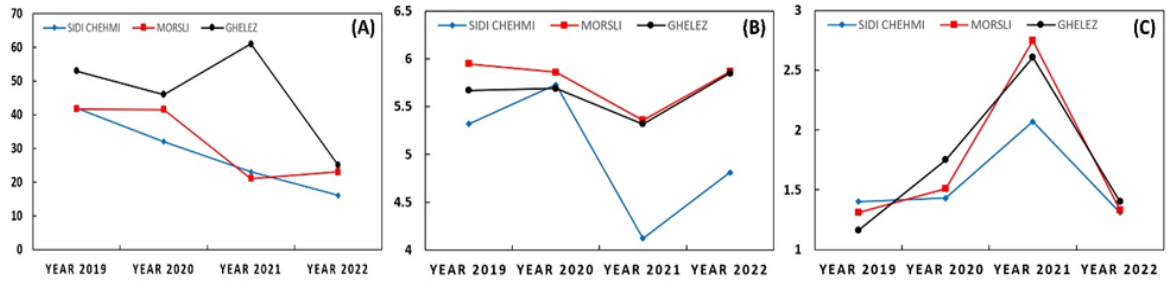


Figure20 : Moyenne annuelle de la chlorophylle-a (a), de l'indice trophique (TSI) (b) et du disque de Secchi (SD) (c)

La figure ci-dessus présente les variations annuelles moyennes de trois paramètres de qualité de l'eau, la chlorophylle-a (Chl-a), l'Indice de l'État Trophique (TSI), et la profondeur du disque de Secchi (SD) pour trois lacs (Sidi Chehmi, Morsli, et Ghelez) sur la période de 2019 à 2022.

Sous-figure (A) : Chlorophylle-a (Chl-a)

- Sidi Chehmi (ligne bleue) :

- La concentration de Chl-a diminue de 42.82 µg/l en 2019 à 32.17 µg/l en 2020.

- Une réduction significative est observée en 2021 avec 23.08 µg/l, et continue de diminuer à 16.17 µg/l en 2022.

- Morsli (ligne rouge) :

- La concentration de Chl-a reste relativement stable de 2019 à 2020 (41.73 µg/l à 41.55 µg/l).

- Une diminution notable est observée en 2021 avec 21.01 µg/l, suivie d'une légère augmentation à 23.83 µg/l en 2022.

- Ghelez (ligne noire) :

- La concentration de Chl-a diminue de 53.77 µg/l en 2019 à 46.33 µg/l en 2020.

- Une augmentation significative est observée en 2021 avec 61.96 µg/l, suivie d'une forte diminution à 25.3 µg/l en 2022.

Sous-figure (B) : Indice de l'État Trophique (TSI)

- Sidi Chehmi (ligne bleue) :

- Le TSI augmente légèrement de 5.32 en 2019 à 5.73 en 2020.

- Une réduction significative est observée en 2021 avec un TSI de 4.81, qui reste stable en 2022.

- Morsli (ligne rouge) :

- Le TSI diminue légèrement de 5.95 en 2019 à 5.86 en 2020.

- Une diminution notable est observée en 2021 avec un TSI de 5.36, suivi d'une augmentation significative à 6.87 en 2022.

- Ghelez (ligne noire) :

- Le TSI augmente légèrement de 5.97 en 2019 à 5.99 en 2020.

- Une diminution significative est observée en 2021 avec un TSI de 5.32, suivie d'une augmentation à 5.85 en 2022.

Sous-figure (C) : Profondeur du disque de Secchi (SD)

- Sidi Chehmi (ligne bleue) :

- La profondeur du disque de Secchi augmente légèrement de 1.4 m en 2019 à 1.43 m en 2020.

- Une augmentation notable est observée en 2021 avec une profondeur de 2.07 m, suivie d'une diminution à 1.31 m en 2022.

- Morsli (ligne rouge) :

- La profondeur du disque de Secchi augmente légèrement de 1.31 m en 2019 à 1.51 m en 2020.

- Une augmentation significative est observée en 2021 avec une profondeur de 2.75 m, suivie d'une diminution à 1.33 m en 2022.

- Ghelez (ligne noire) :

- La profondeur du disque de Secchi augmente légèrement de 1.16 m en 2019 à 1.75 m en 2020.

- Une augmentation notable est observée en 2021 avec une profondeur de 2.61 m, suivie d'une diminution à 1.4 m en 2022.

5. Interprétation

Ces graphiques montrent les tendances spatiotemporelles des paramètres de qualité de l'eau pour les trois lacs étudiés :

5.1. Chlorophylle-a (Chl-a)

Une tendance générale à la diminution de la concentration de Chl-a est observée dans tous les lacs de 2019 à 2022, indiquant une amélioration de la qualité de l'eau, probablement due aux mesures de confinement.

5.2. Indice de l'État Trophique (TSI)

- Les valeurs de TSI montrent une tendance similaire, avec une diminution de 2019 à 2021, suivie d'une augmentation en 2022 pour certains lacs. Cela reflète une amélioration de l'état trophique des lacs pendant la période de confinement, avec une légère dégradation après.

5. 3. Profondeur du disque de Secchi (SD)

- Les profondeurs du disque de Secchi montrent une amélioration de la clarté de l'eau de 2019 à 2021, suivie d'une diminution en 2022. Cela indique une meilleure transparence de l'eau pendant la période de confinement, avec une légère détérioration par la suite.

La qualité de l'eau des lacs est un indicateur crucial de la santé des écosystèmes aquatiques. Le chlorophylle-a (Chl-a) est couramment utilisé pour évaluer cette qualité, car il fournit des informations précieuses sur l'état trophique des plans d'eau (Muduli et al., 2021). Cette étude examine les variations spatiotemporelles de la concentration de Chl-a dans trois lacs de la région d'Oran, à savoir les lacs DORh, DMo et SCh, sur la période 2019-2022. En analysant ces données, nous évaluons l'impact du confinement lié à la pandémie de Covid-19 sur la qualité de l'eau. Les résultats montrent des tendances significatives d'amélioration de la qualité de l'eau après le confinement, soulignant l'importance des activités humaines sur l'environnement aquatique ;

Tableau 11 : Variations de la Lch-a pour les années 2019, 2020, 2021 et 2022

class	2019		2020		2021		2022	
	Area (ha)	Area (%)	Area (ha)	Area (%)	Area (ha)	Area (%)	Area (ha)	Area (%)
Lac de Dayet Oum Rhalez								
10.39 – 22.10	8.18	2.68	4.18	1.37	23.66	8.96	39.01	12.91
22.11 – 32.76	53.57	17.53	2.60	0.85	6.49	2.46	262.78	86.93
32.77 – 50.86	9.09	2.97	262.06	85.94	35.14	13.30	0.49	0.16
50.87 – 61.51	64.57	21.13	30.89	10.13	41.71	15.79	0.00	0.00
61.52 – 78.29	170.24	55.70	5.19	1.70	157.14	59.49	0.00	0.00
Lac de Dhayat Morasli								
10.49 – 27.04	1.50	1.08	5.41	3.90	88.55	65.21	76.07	55.09
27.05 – 37.06	5.61	4.04	16.10	11.61	43.29	31.88	61.87	44.81
37.07 – 41.85	33.14	23.87	25.78	18.58	1.84	1.36	0.14	0.10
41.86 – 47.73	96.18	69.29	63.31	45.64	1.00	0.74	0.00	0.00
47.74 – 66.03	2.38	1.71	28.12	20.27	1.11	0.82	0.00	0.00
Lac de Sidi Chahmi								
9.781 - 25.32	0.47	3.03	0.94	6.05	5.95	40.48	15.15	96.68
25.33 – 36.72	1.40	9.03	8.08	52.03	7.77	52.86	0.52	3.32
36.73 – 44.49	3.30	21.28	5.24	33.74	0.63	4.29	0.00	0.00
44.49 - 53.82	9.44	60.86	0.95	6.12	0.35	2.38	0.00	0.00
53.82 - 75.84	0.90	5.80	0.32	2.06	0.00	0.00	0.00	0.00

La chlorophylle-a (Chl-a) est un indicateur clé de la qualité de l'eau, qui donne un aperçu de l'état trophique et de la santé globale des écosystèmes aquatiques (Muduli et al., 2021). Voici un aperçu simplifié des concentrations de Chl-a et des caractéristiques écologiques dans les lacs DORh, DMo et SCh de 2019 à 2022 :

Lac DORh :

- 2019 : 55,7 % du lac présentait des concentrations élevées de Chl-a (>61,52 µg/l), 21,13 % des concentrations moyennes (50,87-61,51 µg/l) et 2,6 % des concentrations faibles (<22,10 µg/l). Le lac est majoritairement hypereutrophe (76%), ce qui indique une mauvaise qualité de l'eau.

- 2020 : La dominance des concentrations moyennes (32,77-50,86 µg/l) couvre 85,94 % du lac, ce qui indique une amélioration de la qualité de l'eau avec des conditions eutrophiques (85 %).

- 2021 : Après la fermeture, 8,96 % des eaux présentaient de faibles concentrations (<22,10 µg/l), mais les conditions hypereutrophes (59 %) étaient toujours dominantes.

- 2022 : Amélioration significative avec 86% de conditions eutrophiques et 12% d'anoxie hypolimnétique.

Lac DMo :

- 2019 : Les concentrations moyennes (37,07-41,85 µg/l) et élevées (41,86-47,73 µg/l) dominent, couvrant respectivement 23,87% et 69,29% du lac. Les conditions d'eutrophisation indiquent une mauvaise qualité de l'eau.

- 2020 : Amélioration avec 11 % de concentrations faibles (27,05-37,06 µg/l), 18 % de concentrations moyennes et 45 % de concentrations élevées. Les conditions hypereutrophes ont augmenté.

- 2021-2022 : Amélioration significative avec de faibles concentrations (65 % et 55 %, respectivement) indiquant une meilleure qualité de l'eau avec des conditions eutrophiques.

Lac SCh :

- 2019 : dominée par des concentrations moyennes (36,73-44,49 µg/l) et élevées (44,49-53,82 µg/l), respectivement 21,28 % et 60,86 %. Les conditions hypereutrophes sont prédominantes.

- 2020 : Amélioration avec 6 % dans les concentrations faibles (<25,32 µg/l), 52 % dans les concentrations moyennes (25,33-36,72 µg/l) et 33 % dans les concentrations élevées.

- 2021-2022 : Diminution significative des concentrations, avec 93 % puis 100 % de faibles concentrations, montrant une amélioration de la qualité de l'eau. Le lac est passé de conditions hypereutrophes en 2019 à des conditions eutrophes avec anoxie hypolimnétique en 2021 et 2022.

Dans l'ensemble, la fermeture du Covid-19 a entraîné une amélioration de la qualité de l'eau dans les trois lacs, avec un passage de conditions hypereutrophes à des conditions eutrophes et une diminution des concentrations de Chl-a.

Tableau 12 : Variations des TSI pour les années 2019, 2020, 2021 et 2022

class	2019		2020		2021		2022	
	Area (ha)	Area (%)	Area (ha)	Area (%)	Area (ha)	Area (%)	Area (ha)	Area (%)
Lac de Dayet Oum Rhalez								
<30 – 40%	0.13	0.05	16.87	5.92	32.93	11.55	4.89	1.71
40 – 50	0.094	0.03	12.08	4.24	23.19	8.13	6.69	2.35
50 – 60	92.81	32.55	12.54	4.40	46.40	16.27	13.40	4.70
>60 – 100	192.12	67.37	243.70	85.45	182.62	64.05	260.19	91.24
Lac de Dhayat Morasli								
<30 – 40%	0.07	0.06	1.77	1.41	0.47	0.37	0.47	0.37
40 – 50	0.35	0.28	2.50	1.99	1.47	1.17	4.70	3.73
50 – 60	3.83	3.04	6.36	5.05	75.45	59.94	3.73	2.96
>60 – 100	121.58	96.62	115.22	91.55	48.48	38.52	116.97	92.93
Lac de Sidi Chahmi								
<30 – 40%	1.20	9.44	0.31	2.44	3.61	28.45	0.67	5.28
40 – 50	1.79	14.08	0.42	3.31	4.56	35.93	2.49	19.64
50 – 60	1.51	11.88	1.69	13.33	3.90	30.73	8.14	64.20
>60 – 100	8.21	64.59	10.26	80.91	0.62	4.89	1.38	10.88

Le Trophic State Index (TSI) évalue la qualité de l'eau en mesurant les niveaux de nutriments et de productivité biologique dans trois lacs : Dayet Oum Rhalez (DORh), Dayet El Mellah Oum El Rhazel (DMo), et Sidi Chahmi (SCh). Les résultats montrent des variations significatives de la qualité de l'eau au fil des ans, avec des impacts notables du confinement dû au Covid-19.

- Lac DORh :

- 2019 : 99% du lac présente une forte productivité biologique (>50%).

- 2020 : Légère amélioration, 10% avec une productivité <50%, mais augmentation des niveaux >60%.

- 2021 : Amélioration avec réduction de la classe >60% à 64%.

- 2022 : Dégradation post-confinement avec 91% >60%.

- Lac DMo :

- 2019 : 96% de la surface >60%.

- 2020 : Amélioration mineure avec 1,99% dans la classe 40-50% et 5,05% dans la classe 50-60%.

- 2021 : Amélioration significative, transition de l'hypereutrophie à l'eutrophie.

- 2022 : Dégradation rapide, 92,93% >60%.

- Lac SCh :

- 2019 : Répartition des nutriments avec 64% >60%.

- 2020 : Dégradation avec 80,91% >60%.

- 2021 : Amélioration due au confinement, passage à une qualité d'eau modérée (mesotrophie).

- 2022 : Dégradation rapide, 64,20% dans la classe 50-60%.

Les résultats révèlent une tendance générale de dégradation de la qualité de l'eau dans les trois lacs, avec des niveaux de productivité biologique et de nutriments souvent très

élevés, indiquant des états hypereutrophiques. Bien que le confinement dû au Covid-19 ait temporairement amélioré la qualité de l'eau en réduisant les activités anthropiques, les niveaux de pollution ont rapidement augmenté après la levée des restrictions.

Ces fluctuations mettent en évidence l'impact significatif des activités humaines sur les écosystèmes aquatiques et la nécessité de mesures de gestion durable pour améliorer et maintenir la qualité de l'eau à long terme. Il est crucial de surveiller continuellement ces lacs et d'implémenter des stratégies efficaces pour contrôler les sources de pollution, afin de préserver ces ressources vitales.

Tableau13 : Variations du DD pour les années 2019, 2020, 2021 et 2022

class	2019		2020		2021		2022	
	Area (ha)	Area (%)	Area (ha)	Area (%)	Area (ha)	Area (%)	Area (ha)	Area (%)
Lac de Dayet Oum Rhalez								
0 – 2	284.64	99.81	251.92	88.76	150.02	53.05	278.22	98.00
2 - 4	0.14	0.05	13.52	4.76	92.75	32.80	1.36	0.48
4 – 8	0.33	0.12	15.83	5.58	36.06	12.75	2.93	1.03
8 - 10	0.078	0.03	2.56	0.90	3.97	1.40	1.39	0.49
Lac de Dhayat Morasli								
0 – 2	125.13	99.48	119.04	94.91	21.54	17.13	125.19	99.48
2 - 4	0.30	0.24	3.53	2.81	95.42	75.89	0.38	0.30
4 – 8	0.35	0.28	2.39	1.91	8.61	6.85	0.21	0.17
8 - 10	0.008	0.01	0.46	0.37	0.17	0.14	0.06	0.05
Lac de Sidi Chahmi								
0 – 2	11.94	95.93	11.86	95.45	9.43	75.93	11.95	97.15
2 - 4	0.14	1.12	0.23	1.85	1.66	13.37	0.09	0.73
4 – 8	0.31	2.49	0.29	2.33	1.21	9.74	0.18	1.46
8 - 10	0.056	0.45	0.045	0.36	0.12	0.97	0.08	0.65

Le disque de Secchi est utilisé pour mesurer la profondeur à laquelle le disque n'est plus visible depuis la surface de l'eau, indiquant ainsi la transparence et la qualité de l'eau. Les résultats de l'étude des lacs Dayet Oum Rhalez (DORh), Dayet El Mellah Oum El Rhazel (DMo), et Sidi Chahmi (SCh) montrent des variations significatives de la qualité de l'eau au cours des années, avec des effets marqués du confinement dû au Covid-19.

Lac Dayet Oum Rhalez (DORh)

- 2019 : 99,81% de la surface a une profondeur de Secchi inférieure à 2m, indiquant une mauvaise qualité de l'eau (eutrophie).

- 2020 : Légère amélioration avec 88,76% de profondeurs <2m et 1% de profondeurs >8m.

- 2021 : Amélioration significative post-confinement, avec 32,80% des profondeurs entre 2m et 4m, et 1,4% >8m. Profondeurs <2m réduites à 53,05%.

- 2022 : Dégradation avec 98% des profondeurs <2m et 0,49% >8m.

Lac Dayet El Mellah Oum El Rhazel (DMo)

- 2019 : 99,48% des profondeurs <2m.

- 2020 : Amélioration légère avec 94,91% <2m et une augmentation des profondeurs entre 2m et 10m.

- 2021 : Amélioration notable post-confinement, 75,89% des profondeurs entre 2m et 4m.

- 2022 : Dégradation rapide avec 99,48% des profondeurs <2m.

Lac Sidi Chahmi (SCh)

- 2019-2020* : Légère diminution des profondeurs (2 – 10m).

- 2021 : Amélioration post-confinement avec >10% de profondeurs >4m, mais 75% restent <2m.

- 2022 : Dégradation avec 97,15% des profondeurs <2m.

L'analyse de la profondeur de Secchi montre que la qualité de l'eau dans les trois lacs étudiés est généralement médiocre, avec des niveaux élevés de productivité biologique et des états souvent eutrophiques. Le confinement dû au Covid-19 a temporairement amélioré la transparence de l'eau en réduisant les activités anthropiques, mais cette amélioration a été de courte durée. La rapidité avec laquelle la qualité de l'eau s'est détériorée après la levée des restrictions souligne l'importance des influences humaines sur ces écosystèmes aquatiques.

Ces résultats mettent en lumière la nécessité de mesures de gestion environnementale plus durables pour améliorer et maintenir la qualité de l'eau à long terme. Des efforts continus de surveillance et de contrôle des sources de pollution sont cruciaux pour protéger et préserver ces ressources vitales. La mise en œuvre de stratégies efficaces pour réduire l'impact des activités humaines pourrait aider à stabiliser et à améliorer la qualité de l'eau dans ces lacs.

6. Synthèse

Les mesures de l'Indice de Secchi montrent que la qualité de l'eau des lacs étudiés est principalement médiocre, avec une amélioration temporaire pendant le confinement. Des efforts continus pour surveiller et gérer les sources de pollution sont nécessaires pour protéger ces écosystèmes et améliorer la qualité de l'eau de manière durable.

7. Conclusion

La qualité de l'eau dans les trois lacs a montré des tendances similaires tout au long de la période étudiée :

2019 :

- Qualité de l'eau : Mauvaise, avec une hypereutrophie dominante.

- Chl-a : Les concentrations de chlorophylle-a étaient très élevées, indiquant une forte productivité biologique et une eau riche en nutriments.

- TSI : L'indice de l'état trophique indiquait une hypereutrophie, caractérisée par une grande quantité de nutriments et une faible qualité de l'eau.

- SD : La profondeur du disque de Secchi était principalement inférieure à 2m, révélant une transparence très faible et une qualité de l'eau médiocre.

2020 :

- Qualité de l'eau : Légèrement améliorée en raison des mesures de gestion de l'eau.

- Chl-a : Une diminution des concentrations de chlorophylle-a a été observée, bien que les niveaux restaient élevés.

- TSI : Une légère amélioration a été notée, avec une réduction de la productivité biologique dans certaines classes.

- SD : Une légère amélioration de la transparence de l'eau a été constatée, avec une augmentation des profondeurs visibles entre 2 et 4m.

2021 :

- Qualité de l'eau : Amélioration significative grâce au confinement imposé par la pandémie de Covid-19.

- Chl-a : Les concentrations de chlorophylle-a ont continué de diminuer, reflétant une réduction de la productivité biologique et des niveaux de nutriments.

-TSI : Une réduction notable de l'hypereutrophie a été observée, avec des zones de lacs présentant des caractéristiques mésotrophiques et oligotrophiques.

- SD : Une amélioration substantielle de la transparence de l'eau, avec une augmentation des profondeurs visibles dépassant 4m.

2022 :

- Qualité de l'eau : Détérioration rapide après la levée du confinement.

- Chl-a : Les concentrations de chlorophylle-a ont augmenté de nouveau, signalant un retour à des niveaux de productivité biologique élevés.

- TSI : Une augmentation de l'hypereutrophie a été notée, avec une grande partie des lacs présentant une forte productivité biologique et une qualité de l'eau médiocre.

- SD : La transparence de l'eau a de nouveau diminué, avec une majorité des profondeurs visibles inférieures à 2m.

- Qualité de l'eau : En général, les lacs ont présenté une mauvaise qualité de l'eau, dominée par l'hypereutrophie, sauf en 2021 où une amélioration notable a été observée.

- Impact du confinement : La réduction des activités anthropiques pendant le confinement de 2021 a conduit à une amélioration significative de la qualité de l'eau, démontrant l'impact positif des mesures de réduction des activités humaines sur les écosystèmes aquatiques.

- Post-confinement : La levée du confinement a entraîné une dégradation rapide de la qualité de l'eau, soulignant la nécessité de mesures de gestion durable pour maintenir les améliorations obtenues.

Cette analyse détaillée met en lumière l'importance de la gestion environnementale et des interventions anthropiques dans la préservation de la qualité de l'eau des écosystèmes lacustres.

Cette étude se concentre sur trois lacs d'Oran : Dhayat Morasli, Dhayat Oum Rhalaz, et Sidi Chahmi. L'objectif est de comprendre comment les précipitations influencent la

qualité de l'eau dans ces lacs en utilisant trois principaux indicateurs : la concentration en chlorophylle-a (Chl-a), l'Indice de l'État Trophique (TSI), et la profondeur de Secchi (SD). Ces indicateurs fournissent des informations essentielles sur la productivité biologique, l'état trophique, et la transparence de l'eau, respectivement.

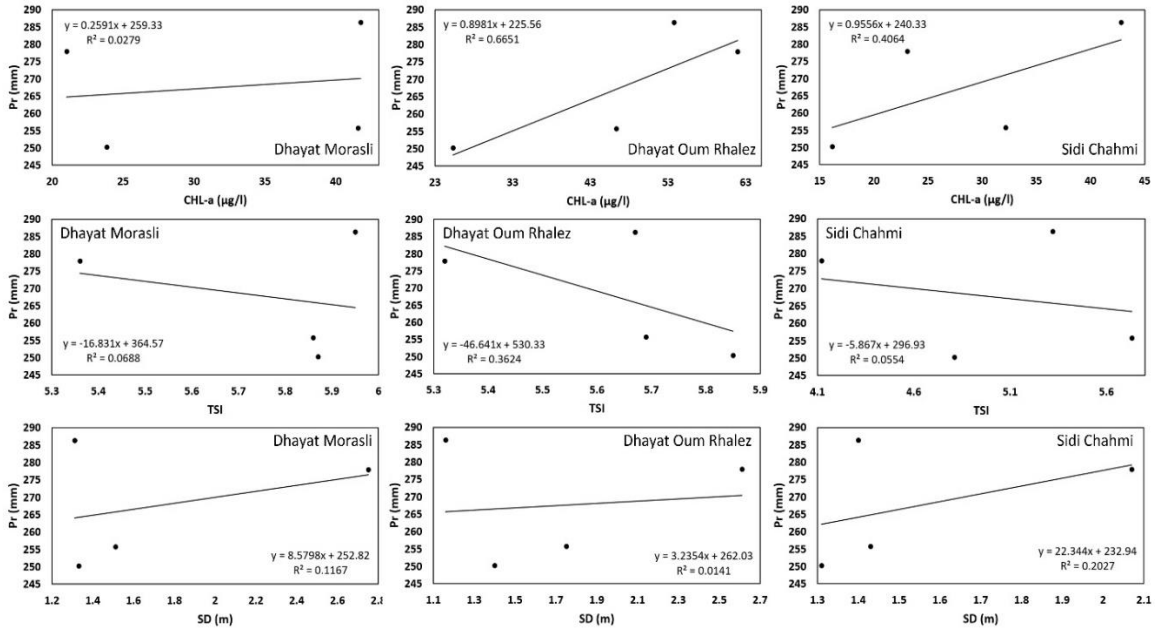


Figure 21 : Corrélation entre les précipitations et Chl-a, TSI, ET SD

Tableau 14 : Grille de classification de la qualité des eaux de surface en Algérie et résultats des analyses (MATET 2010)

Parametres	Unité	Bon	Moderate	pollué	Extrêmement pollué	Résultats de l'analyse du lac DMo		
						Site 1	Site 2	Site 3
Qualité physique								
PH	/	6.5 – 8.5	6.5 – 8.5	8.5 – 9.0	< 6.5 et > 9.0	9.43	8.93	9.13
Matières en suspension	mg/l	0-30	30-75	75-100	>100	190	358	258
Qualité biologique								
DBO5	mg/l	5	5-10	10 - 15	>15	178.9	202.8	229.8
DCO	mg/l	20	20 - 40	40 - 50	>50	892	843	882
Huiles et graisses	mg/l	/	/	/	/	25.18	14.08	8.11
Qualité des métaux lourds								
Arsenic (As)	mg/l	/	/	> 0,01	/	0.361	0.108	0.164
Chrome (Cr+2)	mg/l	0	0-0.05	0.05 - 0.5	>0.5	0.77	2.08	0.50
Copper (Cu+2)	mg/l	0 - 0.02	0.02 - 0.05	0.05 - 1	>1	2.84	2.01	1.97
Cadmium (Cd)	mg/l	0	0	0 - 0.01	>0.01	0.168	0.987	0.123
Lead (Pb)	mg/l	/	/	>0.01	/	0.97	0.87	1.16

8. Analyse et Interprétation des Graphiques et du Tableau

Corrélations entre Précipitations et Paramètres de Qualité de l'Eau

Les graphiques présentés montrent les corrélations entre les précipitations (Pr) et les paramètres Chl-a, TSI, et SD pour les trois lacs étudiés.

8.1. Dhayat Morasli

- Chl-a : La corrélation est faible ($R^2 = 0.0279$), indiquant une relation minimale entre les précipitations et la concentration en Chl-a.

- TSI : Une corrélation légèrement négative ($R^2 = 0.0688$) suggère que les précipitations influencent modérément le TSI, mais l'effet est inverse.

- SD : Une faible corrélation positive ($R^2 = 0.1167$) montre que les précipitations ont un léger impact sur la transparence de l'eau.

8.2. Dhayat Oum Rhalaz

- Chl-a : Une corrélation modérée (R^2 = 0.4064) indique que les précipitations influencent notablement la concentration en Chl-a.

- TSI : Une corrélation positive modérée (R^2 = 0.3624) montre que les précipitations ont un effet significatif sur le TSI.

- SD: Une très faible corrélation (R^2 = 0.0141) suggère que les précipitations n'ont presque pas d'impact sur la transparence de l'eau.

8.3. Sidi Chahmi

- Chl-a : Une corrélation modérée (R^2 = 0.4064) similaire à Dhayat Oum Rhalaz.

- TSI : Une très faible corrélation négative (R^2 = 0.0554), indiquant un impact minime des précipitations sur le TSI.

- SD : Une faible corrélation positive (R^2 = 0.2027) suggère un léger impact sur la transparence de l'eau.

Le tableau fournit une grille de classification de la qualité de l'eau de surface en Algérie selon MATET 2010, ainsi que les résultats d'analyses pour trois sites de Dhayat Morasli (DMo).

9. Qualité Physique

- pH : Les valeurs observées (8.93 à 9.43) indiquent une eau basique, généralement légèrement au-dessus des seuils acceptables (8.5 à 9.0).

- Matières en Suspension (MES) : Les valeurs (190 à 358 mg/l) sont très élevées, bien au-delà des seuils de pollution (> 100 mg/l).

10. Qualité Organique

- DBO5 : Les valeurs (178.9 à 229.8 mg/l) indiquent une pollution organique extrêmement élevée (> 15 mg/l).

- DCO : Les valeurs (843 à 892 mg/l) confirment une pollution organique sévère (> 50 mg/l).

11. Qualité des Métaux Lourds

- Arsenic (As) : Les valeurs (0.108 à 0.361 mg/l) sont extrêmement élevées, au-delà des seuils de pollution (> 0.01 mg/l).

- Chrome (Cr+2)*: Les valeurs (0.50 à 2.08 mg/l) indiquent une pollution sévère (> 0.5 mg/l).

- Cuivre (Cu+2) : Les valeurs (1.97 à 2.84 mg/l) sont au-delà des seuils de pollution sévère (> 1 mg/l).

- Cadmium (Cd) : Les valeurs (0.123 à 0.987 mg/l) montrent une pollution importante (> 0.01 mg/l).

- Plomb (Pb) : Les valeurs (0.87 à 1.16 mg/l) indiquent une pollution significative (> 0.01 mg/l).

Les données indiquent que les précipitations ont des impacts variés sur les paramètres de qualité de l'eau dans les trois lacs étudiés. Les résultats montrent une pollution organique et des métaux lourds très élevée, particulièrement à Dhayat Morasli. Une attention particulière est nécessaire pour améliorer la qualité de l'eau et réduire les sources de pollution. Les autorités locales et les chercheurs doivent collaborer pour développer des stratégies de gestion et de remédiation efficaces.

Cette analyse met en évidence l'importance de surveiller régulièrement la qualité de l'eau et de comprendre les facteurs influents, tels que les précipitations. Les résultats soulignent la nécessité de mesures urgentes pour améliorer la gestion environnementale et la qualité de l'eau dans les lacs d'Oran, afin de protéger la santé publique et les écosystèmes locaux.

12. Conclusion

Les données indiquent que les précipitations ont des impacts variés sur les paramètres de qualité de l'eau dans les trois lacs étudiés. Les résultats montrent une pollution organique et des métaux lourds très élevée, particulièrement à Dhayat Morasli. Une attention particulière est nécessaire pour améliorer la qualité de l'eau et réduire les sources de pollution. Les autorités locales et les chercheurs doivent collaborer pour développer des stratégies de gestion et de remédiation efficaces.

Concluions générale

Conclusion générale

Les zones humides d'Oran constituent un écosystème vital, indispensable au repeuplement des oiseaux, servant de sites de nidification et d'espaces de repos lors de leur migration saisonnière du nord au sud. Cependant, le développement socio-économique et l'étalement urbain font peser de graves menaces environnementales sur ces zones, mettant en péril la biodiversité. L'eau de ces zones humides est excessivement polluée en raison de concentrations élevées de cadmium, de cuivre, de chrome, d'arsenic et de plomb, ainsi que de niveaux élevés de pH et de matières organiques (DCO et DBO5). Deux sources principales de pollution peuvent être identifiées : (1) les rejets des centres industriels voisins et les eaux usées courantes des zones urbaines, et (2) les remblais et les déchets inertes, tels que les déchets de démolition des quartiers informels.

Dans cette étude, les données Sentinel-2/MSI ont été utilisées pour évaluer la qualité de l'eau et l'impact de la pandémie de Covid-19 sur trois zones humides : Dayet Oum Rhozlane (DORh), Dayet Morsli (DMo) et le lac Sidi Chahmi (SCh). L'évaluation s'est concentrée sur trois paramètres : Chlorophylle-a (Chl-a), Indice d'état trophique (TSI) et Disque de Secchi (SD). Les résultats montrent une réduction significative des niveaux de pollution en 2021. La concentration moyenne de Chl-a entre 2019 et 2021 a diminué de plus de 20 µg/l pour DMo et de 19,74 µg/l pour SCh. En ce qui concerne l'IET, une diminution de 5,67 à 5,32 a été enregistrée pour DORh, de 5,95 à 5,36 pour DMo, et de 5,32 à 4,12 pour SCh. Ces résultats sont également corroborés par les valeurs SD, avec une amélioration de la transparence de l'eau de 1,45 m pour DORh, 1,44 m pour DMo et 0,67 m pour SCh. Cette réduction de l'activité biologique démontre l'impact direct du confinement imposé lors de la pandémie de Covid-19 sur l'amélioration de la qualité de l'eau.

Cependant, malgré l'amélioration observée en 2021, l'état de santé général des trois zones humides étudiées reste préoccupant. La qualité de l'eau dans ces zones est toujours médiocre, caractérisée par un état écologique eutrophique dominé par les algues bleues, l'écume algale et les problèmes de macrophytes. Nos résultats, obtenus grâce aux techniques de télédétection, apportent une aide précieuse pour remédier à cette situation alarmante et élaborer des plans d'action plus efficaces, en particulier pour ces écosystèmes fragiles.

Références

Aibeche, C., Sidhoum, W., Djabeur, A., & Kaid-Harche, A. (2020). Effet des caractéristiques physico-chimiques sur la charge microbienne de l'eau des zones humides du nord-ouest algérien : cas du lac Télamine et de Dayet Oum Ghellaz, Oran. Algerian Journal of Environmental Science and Technology, 6(4), 1647–1657.

Alikas, K., & Kratzer, S. (2017). Amélioration de la récupération de la profondeur de Secchi pour les eaux optiquement complexes à l'aide de données de télédétection. Ecological Indicators, 77, 218–227. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.02.007

Australian Government. (2016). Zones humides et agriculture. Department of the Environment. https://www.dcceew.gov.au/sites/default/files/documents/factsheet-wetlands-agriculture.pdf (consulté le 30 novembre 2023).

Ben Bayer, W., Casse, N., Baba Hamed, M. B., Denis, F., Pasqualini, V., Vaugoyeau, M., & Caruso, A. (2019). Première caractérisation des variables physico-chimiques et biologiques de la zone humide salée Dayet Morsli à Oran (Algérie). Journal of African Earth Sciences, 160, 103652. https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2019.103652

Bendib, A., & Berghout, K. (2023). Utilisation de la classification par un arbre de décision dans l'analyse de l'effet de la dynamique urbaine sur la consommation des terres agricoles dans la commune de Batna. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 51(6), 1279–1296. https://doi.org/10.1007/s12524-023-01702-3

Benkesmia, Y., Hassani, M. I., & Kessar, C. (2023). Variation de l'étendue des eaux de surface dans la Grande Sebkha d'Oran (Nord-Ouest de l'Algérie), en utilisant les données Landsat de 1987 à 2019 : Interaction des facteurs naturels et des impacts anthropiques. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 30, 100953. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.100953

Björn, L. O., Papageorgiou, G. C., Blankenship, R. E., & Govindjee. (2009). Point de vue : pourquoi la chlorophylle a ? Photosynthesis Research, 99(2), 85–98. https://doi.org/10.1007/s11120-008-9395-x

Bramich, J., Bolch, C. J. S., & Fischer, A. (2021). Amélioration de la détection du chlorophylle-a dans la bande rouge pour Sentinel 2. Ecological Indicators, 120, 106876. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106876

Calhoun, A. J. K., Mushet, D. M., Bell, K. P., Boix, D., Fitzsimons, J. A., & Isselin-Nondedeu, F. (2017). Zones humides temporaires : défis et solutions pour conserver un écosystème en voie de disparition. Biological Conservation, 211, 3–11. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.11.024

Carlson, R. E., & Simpson, J. (1996). Guide du coordinateur sur les méthodes de surveillance des lacs par des bénévoles. North American Lake Management Society. http://files.knowyourh2o.com/pdfs/CGVLMM.pdf (consulté le 23 juillet 2023).

Carlson, R. E. (1977). Indice de l'état trophique d'un lac : Évaluation de la signification et des usages des paramètres de qualité de l'eau. Limnology and Oceanography, 22(2), 361–369. https://doi.org/10.4319/lo.1977.22.2.0361

Castillo, L. P., Rodríguez, M. E., & Pasquini, A. I. (2017). Évaluation de la qualité des eaux de surface d'un bassin semi-aride en Argentine. Journal of Hydrology: Regional Studies, 14, 19–31. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.10.001

Chamberlain, E. C., Hensley, R. T., & Patterson, M. W. (2019). Comparaison des images satellites Landsat 8 et Sentinel 2 pour la surveillance de la qualité de l'eau des lacs et réservoirs du Wisconsin. Remote Sensing, 11(16), 1912. https://doi.org/10.3390/rs11161912

Ciocca, F., Di Gregorio, S., Fantini, A., Malinverno, E., Solano-Roman, A., & Salvatori, R. (2023). Estimation de la concentration de chlorophylle-a dans les lacs à partir des données Sentinel-2 et Landsat 8 en utilisant un modèle hybride basé sur des images satellites et des mesures in situ. Water, 15(3), 613. https://doi.org/10.3390/w15030613

Congedo, L. (2022). Suivi de la qualité des eaux de surface avec Sentinel-2 : Application à la mer Caspienne et à la mer d'Aral. Ecological Indicators, 139, 108873. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.108873

Dekker, A. G., Peters, S. W. M., & Vos, R. J. (2001). Détection de la dynamique du phytoplancton à partir des données satellite : études de cas sur plusieurs lacs. Hydrobiologia, 444(1), 263–271. https://doi.org/10.1023/A:1017553002279

Dube, T., Mutanga, O., & Shoko, C. (2015). Modélisation de la qualité de l'eau des réservoirs à l'aide de la télédétection hyperspectrale. Remote Sensing of Environment, 168, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.06.018

Fetai, B., Noori, N., Tan, Q., Peng, J., Frumau, K. F. A., & Heerspink, H. J. L. (2023). Évaluation des indices trophiques des lacs en utilisant des algorithmes d'apprentissage automatique appliqués aux données de Sentinel-2. Science of The Total Environment, 857(2), 159648. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159648

Franz, B. A., Werdell, P. J., & Bailey, S. W. (2022). Approche spectrale pour l'estimation de la concentration de la chlorophylle-a dans les eaux de surface à partir de Sentinel-2. Remote Sensing of Environment, 268, 112740. https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112740

Site web

https://www.researchgate.net/figure/Le-disque-de-Secchi_fig1_363364961

(Https://www.geography-lounge.com/courses/1726312/lectures/44199367)

Secchi https://www.researchgate.net/figure/Le-disque-de-Secchi_fig1_363364961

https://www.meteoblue.com/fr/meteo/prevision/semaine