

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE



SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA



Faculté des Sciences appliquées  
Département de Génie Civil et Hydraulique

Mémoire fin d'études

**MASTER TRAITEMENT ET EPURATION**

Domaine : Génie Civil et Hydraulique

Filière : Hydraulique

Spécialité : Traitement et épuration des eaux

**Présenté Par :**

Bellatar Bilal et Ouledzid Mohamed

Thème :

**Prédiction de Rendement épuratoires des stations d'épuration par la  
technique de télédétection (Cas de la station d'ILLIZI)**

**Soutenu publiquement le 13/06/2023**

**Devant le jury composé de :**

Dr OULHACI DALILA	MCA (UKM Ouargla)	Présidente
Dr. KATEB SAMIR	Professeur (UKM Ouargla)	Examineur
Dr. KOUADRI SABER.	Docteur (UKM Ouargla)	Encadreur
Dr BAOUIA KAIS	MCA (UKM Ouargla)	Co-encadreur

**Année Universitaire : 2022/2023**



# Dédicace

JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL :

A mon très cher père BELATTAR Smaine et à ma très chère mère GHERAISSA Ismahane, en témoignage et en gratitude de leurs dévouements, de leurs soutiens permanents durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices illimités, leurs réconforts moraux, eux qui ont consenti tant d'effort pour Mon éducation et mon instruction pour me voir atteindre ce But, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes Affectations sans limite.

Et mes cher frères Maroua et Oussama.  
A toutes ma grande famille.

A tous mes enseignants et camarades de promotion Traitement et épuration des eaux

*Bilal*

# Dédicace

JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL :

A mon très cher père OULADZID Abd el kader et à ma très chère mère ROUABEH Karima, en témoignage et en gratitude de leurs dévouements, de leurs soutiens permanents durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices illimités, leurs réconforts moraux, eux qui ont consenti tant d'effort pour Mon éducation et mon instruction pour me voir atteindre ce But, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes Affectations sans limite.

Et mes cher frères Imad, Ahmed, Hiba et Aicha.  
A toutes ma grande famille.

A tous mes enseignants et camarades de promotion  
Traitement et épuration des eaux

*Mohamed*

# REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études et donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience, d'aller jusqu'au bout du rêve et la volonté de mener à terme le présent travail.

Mes remerciements vont d'abord à mon encadreur SABER KOUADRI pour m'avoir encadré, son conseil et recommandations ont été précieuses pour l'aboutissement de ce travail.

Je tiens aussi à remercier madame OULHACI DALILA président de jury, pour l'intérêt qu'il est porté à ce mémoire en acceptant de l'examiner. Et monsieur KATEB SAMIR membres de jury, pour avoir accepté de bien vouloir juger notre mémoire, et y avoir contribué par leurs remarques et leurs corrections.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à L'épanouissement de ce travail.

لحد من استخدام المواد الكيميائية باهظة الثمن لتحليل العينات، استهدفنا في هذه الدراسة تطوير نماذج تنبؤية كحل بديل لتقييم جودة المياه التي تم تنقيتها بطريقة مستدامة. تم تنزيل صور الأقمار الصناعية بدقة 10 أمتار للحصول على البيانات المطلوبة. تم الحصول على هذه الملفات من رادار 2 SENTINEL منصة COPERNICUS. يظهر التحليل الشهري لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي في إليزي أن نظام التنقيح الطبيعي حساس للعوامل المناخية مثل العواصف الرملية وشدة الضوء والتبخر. تستقبل محطة إليزي مياه الصرف الصحي الخام عن طريق محطات الضخ مما قد يؤثر على عملها في حال حدوث مشاكل. تقدم هذه المذكرة ثلاثة نماذج (RLM) و RT و RF (لثلاث معلمات DCO) و NT و PT. يعتبر نموذج RLM أسوأ أداءً لأنه فشل في إنشاء علاقة بين المؤشرات الطيفية والمعلمات المراد نمذجتها. أعطى نموذج RT أفضل النتائج خلال فترة المعايرة بمعامل تحديد 1، لكنه لم يتنبأ بشكل صحيح بالعينات لفترة الاختبار. نفس الملاحظة أثناء إطلاق نموذج RT. يمكن تبرير الأداء السيئ للنماذج المختلفة بحجم السلسلة المستخدمة في التدريب والتي امتدت لمدة 31 شهرًا فقط.

الكلمة المفتاحية: (محطة معالجة مياه الصرف الصحي ; البحيرة الطبيعية ; الاستشعار عن بعد ; التعلم الآلي ; النمذجة)

## Abstract

To limit the use of expensive chemicals for sample analysis, we have aimed at developing predictive models as an alternative solution to assess the quality of water to be purified in a sustainable manner. Satellite images were downloaded with a resolution of 10 meters to obtain the required data. These files were obtained from the SENTINEL 2 radar of the COPERNICUS platform. The monthly analysis of the Illizi WWTP shows that the lagoon system is sensitive to climatic factors such as sandstorms, light intensity and evaporation. The Illizi station receives raw sewage via pumping stations, which may affect its operation in the event of problems. This memory presents three models (RLM, RT and RF) for three parameters (DCO, NT and PT). The RLM model performs the worst because it failed to establish a relationship between the spectral indices and the modeled parameters. The RT model gave optimal results during the calibration period with a coefficient of determination of 1, but did not correctly predict the samples for the test period. Same observation during the launch of the RF model. The low performance of the different models is justified by the use of a 31-month analysis series for calibration.

Key word: (wastewater treatment plant; natural lagoon; remote sensing; machine learning; modelling)

## Résumer

Pour limiter l'utilisation de produits chimiques coûteux pour l'analyse des échantillons, nous avons visé au développement des modèles prédictifs comme solution alternative pour évaluer la qualité des eaux épurer de manière durable. Des images satellitaires ont été téléchargées avec une résolution de 10 mètres pour obtenir les données requises. Ces fichiers ont été obtenus du radar SENTINEL 2 de la plateforme COPERNICUS. L'analyse mensuelle de la STEP d'Illizi montre que le système de lagunage est sensible aux facteurs climatiques tels que le vent de sable, l'intensité lumineuse et l'évaporation. La station d'Illizi reçoit des eaux usées brutes via des stations de pompage, ce qui peut affecter son fonctionnement en cas de problèmes. Cette mémoire présente trois modèles (RLM, RT et RF) pour trois paramètres (DCO, NT et PT). Le modèle RLM est le moins performant car il n'a pas réussi à établir une relation entre les indices spectraux et les paramètres modélisés. Le modèle RT a donné des résultats optimaux pendant la période d'étalonnage avec un coefficient de détermination de 1, mais n'a pas prédit correctement les échantillons pour la période de test. Même constat lors du lancement du modèle RF. Les performances des différents modèles sont fiables a cause de l'utilisation d'une série d'analyse de 31 mois pour l'étalonnage.

Mot clé :(station d'épuration; lagunage naturel; télédétection; l'apprentissage automatique; modélisation)

<b>Liste des Tableaux</b> .....	5
(Source : US, EPA, 2011) .....	5
Table I-2: Nomenclature des bassins et leurs applications selon la charge et la taille (source : U.S, EPA, 2011).....	6
Table II-3: Possibles applications de la télédétection .....	14
Table V-4: Statique descriptives des données de la STEP ILLIZI ... <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
Table V-5: Statique descriptives des indices de télédétections sur la STEP ILLIZI .....	43
Table V-6: Statistiques de modèle de régression linéaire multiple .....	44

Table I-1 : Réduction de la DBO5 en fonction du temps de rétention et de la température

## Liste des Figures

Figure 1: Cycles biologiques d'une lagune (CEMAGREF, France). .....	3
Figure 2: Schéma d'un lagunage naturel (source : Agences de l'eau, 1993). .....	7
Figure 3: schéma de lagunage aéré (source : Agences de l'eau, 1993 .....	8
Figure 4: Changements progressifs de couleur (du vert au rouge) .....	9
Figure 5: Daphnie .....	10
Figure 6: Processus de la télédétection .....	11
Figure 7: Le système de la télédétection .....	12
Figure 8: Système d'information géographique. ....	14
Figure 9: Composantes d'un SIG .....	15
Figure 10: Les couches d'un SIG.....	15
Figure 11: La structure du SIG .....	16
Figure 12: Les principales fonctions des logiciels SIG .....	18
Figure 13: Situation géographique de la wilaya d'ILLIZI. ....	20
Figure 14: variation mensuelle des températures maximal et minimal. ....	21
Figure 15: Variation mensuelle des précipitations moyenne. ....	22
Figure 16: Variation mensuelle des vitesses de vent. ....	22
Figure 17: Vue de la station d'épuration d'Illizi .....	23
Figure 18: Exemple d'un ouvrage type "trou dans le mur" .....	24
Figure 19: dégrilleur. ....	24
Figure 20: Dessablage- déshuilage .....	25
Figure 21: Refus des huiles et sable .....	25
Figure 22 : schéma de fonctionnement de la STEP d'illizi .....	26
Figure 23 : Incubateur .....	29
Figure 24 : Thermostat pour DBO <sub>5</sub> .....	29
Figure 25 : Matériels utilisés : Oxymètre et PH-mètre et Conductimètre .....	30
Figure 26: à propos COPERNICUS sentinel 2 .....	31
Figure 27: image de satellite Sentinel 2. ....	31
Figure 28 : band 4 et band 8 .....	33
Figure 29: extract by mask .....	33
Figure 30: extract by mask Band04.....	34
Figure 31: extract by mask Band08.....	34
Figure 32: NDVI .....	35
Figure 33: algebra NDVI.....	35
Figure 34: résultat algebra NDVI .....	36
Figure 35: changement de couleur NDVI .....	36
Figure 36: raster to point .....	37
Figure 37 : raster to point (conversion) .....	37
Figure 38: collection de valeurs NDVI .....	38

Figure 39: courbe et les valeurs obtenues .....	38
Figure 40: Variation de DCO. ....	40
Figure 41: rendement de DBO5. ....	41
Figure 42: Rendement MES .....	41
Figure 43: Rendement NT .....	42
Figure 44: Rendement PT .....	42
Figure 45: nuage des points de modèles RLM durant l'étalonnage. ....	45
Figure 46: nuage des points de modèles RLM durant le test. ....	45
Figure 47: nuage des points de modèles RT durant l'étalonnage. ....	46
Figure 48: nuage des points de modèles RT durant le test. ....	46
Figure 49: Nuage des points de modèles RF durant l'étalonnage. ....	47
Figure 50 : Nuage des points de modèles RF durant le test. ....	47

## Liste d'abréviation

DCO : La demande chimique en oxygène

DBO5 : La demande biologique en oxygène (5 jour)

MES : Matière en suspension

Nt : Azote total

Pt : Acide Phosphorique total

NDVI : Indice de couverture végétal

NDTI : Indice de la turbidité

NDCI : Indice de chlorophylle

RML : Modèle régression multilinéaire

RT : Modèle de l'Arbre Aléatoire (Random tree)

RF : Modèle des Forets Aléatoire (Random Forest)



# Sommaire

Dédicace .....	I
Dédicace .....	II
REMERCIEMENTS .....	III
Résumer.....	IV
Introduction générale .....	1

## Chapitre I

I.1-Généralités : .....	3
I.1.1 Principe de fonctionnement : .....	3
I.1.2 Les éléments des processus du lagunage : .....	4
Bactéries .....	4
Végétaux microscopiques – algues ou microphytes .....	4
Zooplanctons : .....	4
Rotifères .....	4
Plantes aquatiques « Macrophytes » .....	4
I.2-Le facteur physique: .....	5
I.2.1 L'intensité lumineuse : .....	5
I.2.2 température : .....	5
I.2.3 vent : .....	5
I.2.4 L'évaporation : .....	6
I.3-Les types de lagunage : .....	6
I.3.1 Le lagunage naturel : .....	6
I.3.1.1 Nomenclature des bassins : .....	6
I.3.1.2-Bassins anaérobies : .....	6
I.3.1.3 Bassins facultatifs : .....	6
I.3.1.4 Bassins de maturations : .....	7
I.3.2 Le lagunage aéré:.....	7
I.3.2.1 Bassin d'aération.....	7
I.3.2.2Bassin de finition .....	8
I.4 L'entretien des bassins de lagunage : .....	8
I.5 Dysfonctionnements .....	9
I.5.1Types de dysfonctionnement .....	9
Prolifération des algues .....	10
Prolifération de daphnies .....	10

## Chapitre II

II.1 Définition de la télédétection .....	11
II.2 Principe de base de la télédétection .....	11
II.3 Détection passive et active .....	11
II.4 Systèmes de télédétection .....	12

II.5 Applications de la télédétection .....	12
II.6 Définition de Système d'information géographique .....	12
II.7 Propriétés.....	14
II.8 Composants d'un SIG.....	14
II.9 Les différentes couches.....	15
II.10. Quelques concepts de base .....	15
II.10.1 Mode vecteur et raster .....	15
II.11. Structure du SIG .....	16
II.7. Fonctionnalités du SIG .....	17
II.7.1. Abstraction .....	17
II.7.2. Acquisition des données .....	17
II.7.3. Archivage .....	17
II.7.4. Analyse .....	17
II.7.5. Affichage .....	18
II.8. Domaines d'application des SIG.....	18
II.9. Les Systèmes d'Information géographique vous permettent.....	19
Conclusion.....	19

### **Chapitre III**

III.1. Introduction.....	20
III.2. Présentation de La Zone d'étude.....	20
III.2.1. Cadre géographique.....	20
III.2.2 ASPECT CLIMATIQUE : .....	21
Températures : .....	21
Précipitations : .....	21
Humidité relative de l'air : .....	22
Vents : .....	22
III.3. Présentation de la station d'épuration d'ILLIZI:.....	23
III.4. Localisation de STEP .....	23
III.5 Définition des ouvrages : .....	24
Ouvrages d'arrivée : .....	24
Dégrillage : .....	24
Dessablage-déshuilage : .....	25
Refus de sable : .....	25
Refus des huiles : .....	25
III.6. Traitement Des Effluents Par Lagunage : .....	26
Bassin anaérobie ou lagunage primaire:.....	26
Bassin facultatif ou Lagunage secondaire:.....	26
Bassin de maturation ou Lagunage tertiaire : .....	26

Bassin de stockage : .....	26
III.7. Dispositif de reprise des boues : .....	26
Lits de séchage des boues : .....	27
Conclusion : .....	27

## **Chapitre IV**

IV.1. L'autosurveillance : .....	28
IV.2 Méthode d'analyse : .....	28
IV.2.1 Détermination de la conductivité électrique, salinité et la température. ....	28
IV.2.2. Détermination de pH. ....	28
IV.2.3. Détermination de l'O <sub>2</sub> dissous .....	28
IV.2.4 Mesurer la quantité de substances en suspension dans l'eau (MES) .....	28
IV.2.5 Mesure de la demande chimique d'oxygène (DCO) .....	29
IV.2.6 Mesure de la demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) .....	29
Cadre temporel .....	32
Résolution des images .....	32
Dispositif spectral .....	32
Indice de la couverture végétale (NDVI) .....	32
Indice de turbidité de l'eau (NDTI) .....	32
Indice des chlorophylles NDCI : .....	32

## **Chapitre V**

V.1 Caractérisation des eaux usée. ....	39
V.1.1. Statistiques Descriptives.....	39
V.1.2. Variation de DCO. ....	40
V.1.3. Rendement DBO <sub>5</sub> . ....	40
V.1.4. Rendement MES. ....	41
V.1.5. Rendement NT. ....	42
V.1.6. Rendement PT. ....	42
V.2. Modélisation par les méthodes d'apprentissage automatique. ....	43
V.2.1. Modèle de la régression linéaire multiple (RLM). ....	44
V.2.2 Modèle de l'Arbre Aléatoire (Random tree) .....	46
V.2.3. Modèle des Forêts Aléatoire (Random Forest) .....	47
Conclusion générale .....	48
Références Bibliographiques : .....	49

# **INTRODUCTION GENERALE**

## INTRODUCTION GENERALE

---

### Introduction générale

En raison des changements importants dans la quantité et la qualité des rejets d'eaux usées au cours des dernières décennies, le traitement des eaux usées joue désormais un rôle important dans les problèmes environnementaux de notre pays. Les sources de pollution de l'eau comprennent les activités industrielles, domestiques et agricoles.

Les activités humaines produisent de nombreux déchets qui sont traités systématiquement par des technologies en constante évolution. L'épuration des eaux résiduaires urbaines (ERU) est réalisée dans des stations d'épuration (STEP) où leurs différents polluants sont séparés ou dégradés par des procédés physiques, chimiques ou biologiques.

La quasi-totalité des techniques d'épuration, qu'elles soient biologiques ou physico-chimiques, utilisées pour traiter les effluents industriels et urbains résiduels aboutissent à concentrer les polluants dans des suspensions aqueuses ou des boues.

De nombreuses études sont en cours sur les mécanismes biologiques utilisés pour lutter contre la pollution de l'eau. Certaines bactéries ont la capacité de décomposer les débris organiques réfractaires, les effluents industriels et les émissions d'hydrocarbures dans les eaux urbaines. Ces eaux usées sont traitées en plusieurs étapes traitant chacune d'une forme différente de contamination (organique, chimique ou minérale). En raison de ses performances de premier ordre.

C'est dans ce contexte que la présente étude est réalisée de la Télédétection et des Systèmes d'Information Géographiques (SIG) pour la prédiction de Rendement épuratoires de la station d'épuration. Cette mémoire présente trois modèles (RLM, RT et RF) pour trois paramètres (DCO, NT et PT) permettant de prévoir le fonctionnement de la station au moindre coût possible. En parallèle, l'utilisation des méthodes d'apprentissage automatique pour modéliser des phénomènes naturel et environnemental joue un rôle très important dans la gestion et la protection des ressources naturel.

Dans le cadre de cette étude, un couplage entre les techniques de télédétection et l'apprentissage automatique a été réaliser pour but de développer des modèles prédictifs aide à la détermination des analyses chimique des eaux épurer en utilisant des indices extrait à partir des images satellitaires gratuite.

Pour atteindre cet objective le plan de travail proposer contient Cinq chapitres diviser sur deux parties comme suite :

Une partie théorique contient deux chapitres :

Chapitre I : Types Des Station D'épuration Par Lagunage.

Chapitre II : Généralités Sur La Télédétection et SIG.

Ou la partie pratique contient trois chapitres

Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

Ou on a présenté la zone d'étude et la station d'épuration étudier.

Chapitre IV : Matériels et méthodes

---

---

## **INTRODUCTION GENERALE**

Ce Chapitre présente les méthodes d'analyses des paramètres physique et chimique et aussi la méthodologie adopté pour traiter les images satellitaires utilisé. Chapitre V : Résultats et discussion

Ce chapitre présent l'interprétation des résultats des analyses physiques et chimique de la STEP durant la période étudier et aussi présente le performance des modèles prédictifs.

Et on a terminé par une conclusion générale.



# **Chapitre I**

**Type Des Station D'épuration Par Lagunage**



**I.1-Généralités :**

Le lagunage est un procédé d'épuration extensif, qui consiste à faire circuler des effluents dans une série de bassins pendant un temps suffisamment long pour réaliser les processus naturels de l'autoépuration. Il est pratiqué dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de faible profondeur. Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matières vivantes par les chaînes trophiques.

Les substances nutritives sont apportées par l'effluent alors que les végétaux sont les producteurs du système en matière consommables et en oxygène.

Les bactéries assurent la part prépondérante de l'épuration et la microfaune contribue à l'éclaircissement du milieu par ingestion directe des populations algales et des bactéries.

**I.1.1 Principe de fonctionnement :**

La dégradation de la pollution à traiter s'opère grâce à une succession et une association de processus physico-chimiques et biologiques extrêmement larges. Dans la partie supérieure des bassins existe une zone aérobie où les bactéries présentes dans le milieu, dégradent les matières organiques solubles ou en suspension.

Au fond des bassins, des micro-organismes anaérobies hydrolysent et solubilisent une partie des matières organiques décantées. Le traitement biologique pour l'élimination de l'azote fait intervenir plusieurs processus (ammonification  $N-NH_4$ , assimilation bactérienne, nitrification  $N-NO_2/N-NO_3$  et la dénitrification  $NO_2$ ).

Au cours de ce processus l'azote organique se transforme successivement en azote ammoniacal, nitrites, nitrates pour être rejeté sous sa forme gazeuse dans l'atmosphère. Des bactéries spécifiques sont synthétisées durant cette phase.

Le traitement biologique pour l'élimination du phosphore est réalisé dans la zone anaérobie et anoxie. Le déphosphatation est lié à l'émergence de populations bactériennes possédant un métabolisme capable d'utiliser les conditions particulières d'une alternance de conditions anaérobie et aérobie pour stocker de l'énergie.

La détermination des temps de séjour dans chaque bassin est prépondérante pour assurer un optimum biologique. Cet élément est pris en compte dans les calculs de dimensionnement initiaux et doit être ajusté lors de la phase d'exploitation (l'ouvrage de répartition est également un ouvrage de régulation de débit).

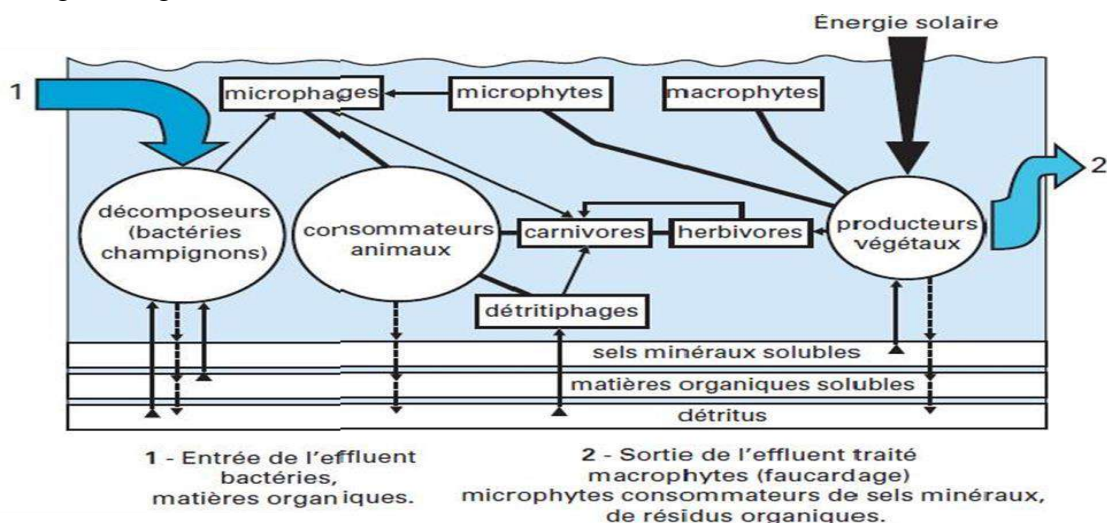


Figure N°1 : Cycles biologiques d'une lagune (CEMAGREF, France).

**I.1.2 Les éléments des processus du lagunage :**

**Bactéries :** Ce sont des microorganismes pouvant consommer une grande quantité de la matière organique, ils rejettent dans le milieu les produits de dégradation sous forme de gaz carbonique et de matière minérales. Il existe deux types de bactéries :

- Celles qui ont besoin d'oxygène pour vivre (aérobies).
- Celles qui peuvent se développer en l'absence d'oxygène (anaérobies).

L'épuration est assurée par des bactéries, qui dans la quasi-totalité des cas, et de façon certaine pour Les effluents domestiques, se Trouvent dans l'effluent brut. Ces bactéries Sont essentiellement Hétérotrophes.

La période initiale de fonctionnement d'une installation d'épuration correspond à une phase de croissance bactérienne pendant laquelle les espèces les mieux adaptées à réaliser l'épuration se sélectionnent naturellement. Le lagunage est caractérisé par l'absence de recyclage de la culture bactérienne, il y a régulation naturelle du développement des bactéries, en fonction des nutriments qui sont est apportés et des autres conditions de développement, pH, température...

**Les végétaux microscopiques – algues ou microphytes**

Les algues sont des organismes autotrophes capables de synthétiser des composés organiques en utilisant le CO<sub>2</sub> comme principale source de carbone, ils produisent de l'O<sub>2</sub> comme sous-produit de la photosynthèse, fournissant une source d'O<sub>2</sub> pour d'autres organismes dans les bassins. On les trouve en très grand nombre lorsque les conditions environnementales sont appropriées.

Les algues participent pleinement au processus épuratoire en particulier dans le lagunage naturel, ils :

- Assurent l'oxygénation du milieu (photosynthèse) en période diurne, avec un maximum généralement situé aux alentours du midi solaire,
- Assimilent certains composés azotés, phosphores,
- Contribuent à l'élévation du pH (absorption de gaz carbonique) jusqu'à des valeurs pouvant atteindre pH 9 à 10 (Les écarts entre la période diurne et nocturne peuvent se situer entre 0,5 et 1).

Ces algues planctoniques sont les suivantes :

- Algues bleus (cyanophycées)
- Algues vertes (chlorophycées)
- Algues brunes (chrysophycées, diatomées)
- Euglènes

**Zooplanctons :**

Ces organismes microscopiques contribuent pleinement à l'épuration car ils vont éliminer les bactéries, algues et les substances organiques particulières, ils participent à l'élimination des germes de contamination fécale.

**Rotifères**

Certaines espèces, algivores, suivent l'apparition des algues, d'autres, sont bactériophages. Les rotifères et les ciliés s'avèrent cependant incapables de juguler la production algale (leur rôle dans les processus de lagunage naturel semble relativement réduit).

**Plantes aquatiques « Macrophytes »** : deux types sont à distinguer :

- Les plantes enracinées comportant une tige souterraine ou rhizome.
- Les plantes flottantes, telle que les lentilles d'eau, peuvent coloniser certains bassins de lagunage.

Un bon fonctionnement de l'installation est obtenu lorsque s'établit un équilibre entre l'activité des bactéries et des algues, en effet :

Si les bactéries se développent de façon excessive, la demande en oxygène ne peut plus être satisfaite par les algues. Le phénomène peut se simplifier de lui-même et conduire rapidement à l'établissement de conditions anaérobies dans les bassins. C'est ce que l'on observe dans le cas des lagunes surchargées.

Le phénomène inverse (prolifération algales) peut également se produire et conduit à des perturbations, en particulier lorsque dépérissent les algues en excès.

## I.2-Les facteurs physiques :

Les facteurs physiques jouent un rôle important dans l'implantation et la performance du lagunage, ce sont principalement :

### I.2.1 L'intensité lumineuse :

L'intensité et la composition spectrale de la lumière pénétrant dans la surface d'un bassin affectent significativement toute activité microbienne résidente. En général, l'activité augmente avec l'intensité lumineuse croissante jusqu'à ce que le système photosynthétique devienne saturé de lumière. Cette dernière varie selon l'heure de la journée et la différence de latitude.

### I.2.2 température :

La température joue un rôle très important dans l'environnement aérobie d'une lagune, elle détermine la succession d'espèces prédominantes d'algues, de bactéries et d'autres organismes aquatiques. Les algues peuvent survivre à des températures de 5 à 40 °C. Les bactéries responsables de la dégradation anaérobie sont actives à des températures de 15 à 65 °C. Lorsqu'ils sont exposés à des températures plus basses, leur activité est réduite.

Les bactéries aérobies sont viables dans une gamme de température de 10 à 40 °C ; 35-40 °C est optimal pour les cyanobactéries.

Tableau N° I-1 : Réduction de la DBO5 en fonction du temps de rétention et de la température (Source : US, EPA, 2011)

Température °C	Le temps de rétention (jours)	Réduction de la DBO5 (%)
10	5	0-10
10-15	4-5	30-40
15-20	2-3	40-50
20-25	1-2	40-60
25-30	1-2	60-80

### I.2.3 Le vent :

- En soufflant, les vents fournissent l'énergie nécessaire pour le transfert et la diffusion d'oxygène dans les bassins. Cette action de mélange aide également à disperser les microorganismes.

- Lors de la conception, il faut prendre en considération les vents dominants pour éviter la propagation des mauvaises odeurs.
- Les vagues générées par de forts vents dominants ou orageux peuvent éroder ou dépasser les digues.

**I.2.4 L'évaporation :**

L'évaporation est un facteur très important. Elle est très importante en période estivale (Sud), elle peut être néfaste et doit donc être prise en considération lors des calculs de dimensionnement des bassins.

**I.3 Les types de lagunage :**

**I.3.1 lagunage naturel :**

En ce qui concerne les dimensions des bassins, une profondeur minimale de 0.8 m (afin d'éviter le développement de macrophytes), avec un temps de séjour de l'ordre de semaines. Ces procédés sont très sensibles à la température et sont applicables généralement dans les régions tempérées et chaudes.

**I.3.1.1 Nomenclature des bassins :**

Les Bassins sont conçus pour améliorer la croissance des écosystèmes naturels qui sont soit anaérobies, aérobie, ou facultative, qui est une combinaison des deux.

Le tableau ci dessous résume les informations sur l'application, la charge polluante et la taille des bassins de traitement des eaux usées.

Table N° I-2 : Nomenclature des bassins et leurs applications selon la charge et la taille (source : U.S, EPA, 2011).

Pond	Application	Typical Loading (BOD <sub>5</sub> ) <sup>m</sup>	Typical Detention Time (d)	Typical Depth (m)	Comments
Anaerobic	Industrial wastewater	280-4500 kg / 1000 m <sup>2</sup> /d	5-50	2.5-4.5	Subsequent treatment normally required.
Facultative	Raw municipal wastewater. Effluent from primary treatment, trickling filters, aerated ponds, or anaerobic ponds.	22-56 kg/ 1000m <sup>2</sup> /d	7-50	0.9-2.4	Most commonly used wastewater treatment pond. May be aerobic through entire depth if lightly loaded.
Aerobic	Generally used to treat effluent from other processes. Produces effluent low in soluble BOD <sub>5</sub> and high in algal solids.	112-225 kg/ 1000 m <sup>2</sup> /d	2-6	0.18-0.3	Maximizes algae production and, if algae are harvested, nutrient removal.

**I.3.1.2-Bassins anaérobies :**

Les bassins anaérobies sont caractérisés par un manque d'oxygène dissous causé par une forte DBO5, les solides en suspension s'y déposent facilement, ils forment sur le fond une couche où les bactéries anaérobies décomposent la matière organique.

Un des résultats est la production de gaz, l'hydrogène sulfuré (H2S) et le méthane (CH4)

Qui s'échappent vers la surface sous forme de bulles. Typiquement, ces lagunes ont une profondeur de 2 à 5 m et le temps de séjour de l'effluent y est de plusieurs jours. Ces bassins reçoivent des effluents bruts et mènent à des réductions de la DBO5 de 40 à 60 % et de MES de 50 à 70 %.

En générale, on n'y trouve pas de micro-algues à cause des conditions défavorables à leur croissance (Paterson et Curtis, 2005).

**I.3.1.3 Bassins facultatifs :**

D'une profondeur de 1 à 2 m et un temps de séjour de 4 à 8 jours. Ces bassins fonctionnent dans la partie supérieure en aérobie, riche en algues et en micro-organismes aérobies, alors que le fond, couvert de sédiments organiques, est le siège de fermentation anaérobie ; entre ces deux zones règne un milieu de transition favorable aux bactéries facultatives.

Les fermentations benthiques donnent lieu à un dégagement de méthane (CH<sub>4</sub>), de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), d'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S).

**I.3.1.4 Bassins de maturations :**

Le fonctionnement de ces bassins est proche des bassins facultatifs, mais les conditions sont essentiellement aérobies compte tenu des faibles charges organiques appliquées et faible profondeur (0.5 à 1.5 m).

Ces bassins assurent une finition/polissage des effluents avant rejet et surtout sont employées à l'abattement des germes de contamination fécale (action des UV et le phénomène de la prédation). Siège d'un développement algal important notamment en période chaude, la qualité du rejet épuré en est affecté (MES).

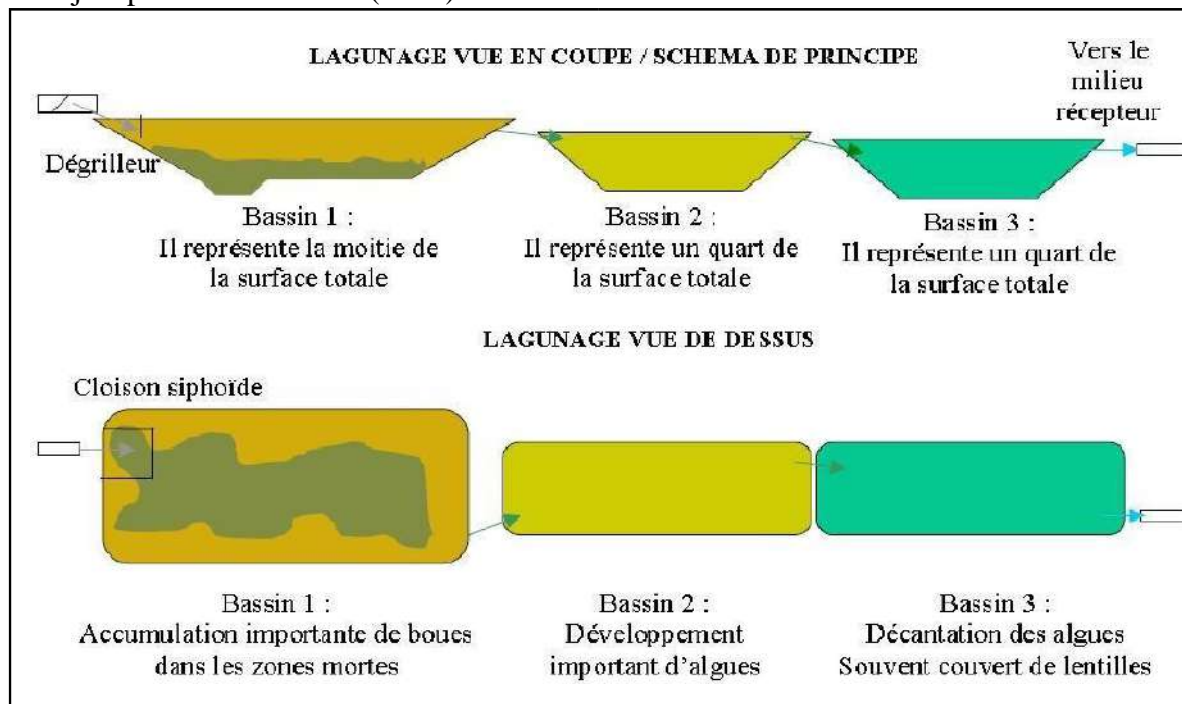


Figure N°2 : Schéma d'un lagunage naturel (source : Agences de l'eau, 1993).

**I.3.2 lagunage aéré :**

Version intensive du lagunage, nécessitant une emprise nettement moindre que le lagunage naturel, le lagunage aéré consiste à intensifier l'activité aérobie par un brassage et une aération artificielle par des aérateurs mécaniques flottants ou fixes ou une insufflation d'air.

Les équilibres biologiques sont voisins de ceux du procédé classique par boues activées, mais en l'absence de recirculation de biomasse dans le système, la concentration en microorganismes est faible et la décantation lente.

Appliqué en traitement complet ou en traitement secondaire après un lagunage anaérobie, cette technique est adaptée pour des effluents concentrés domestiques et industriels. On privilégie aujourd'hui le lagunage « aéré facultatif » avec une phase d'aération organisée en plusieurs bassins en série. Les puissances avoisinent 2 à 4 Watts/m<sup>3</sup>, les boues sédimentent dans les bassins aérés et subissent une dégradation en partie anaérobie.

Il se compose généralement de :

**I.3.2.1 Bassin d'aération**

Ce sont des bassins de forme rectangulaire relativement profonds dans lesquels, l'oxygénation est réalisée par des aérateurs mécaniques ou diffuseurs. Un temps de séjour minimal (Ts) permet d'assurer la stabilité de l'écosystème ; ce paramètre (Ts) ne doit pas être inférieur à 5 j. La hauteur d'eau dans ces lagunes est généralement fixée à 2,5 – 4 m pour permettre une action optimale des dispositifs d'aération.

Les références internationales ont montré que l'efficacité de l'épuration par lagunage aéré est améliorée en subdivisant le volume total à aéré en deux étages disposés en série, le volume total des lagunes aérées se répartit entre les deux étages dont les proportions suivantes : 60% pour le premier étage et 40% pour le second étage.

**I.3.2.2 Bassin de finition**

La lagune de finition permet une amélioration des rendements d'épuration ; ce bassin est dimensionné sur le critère temps de séjour qui est entre 2 et 3 jours. La hauteur d'eau dans ces lagunes est généralement de 1 à 1,5 m. Cette valeur permet d'éviter l'apparition de plantes macrophytes tout en limitant le développement de l'activité anaérobie.

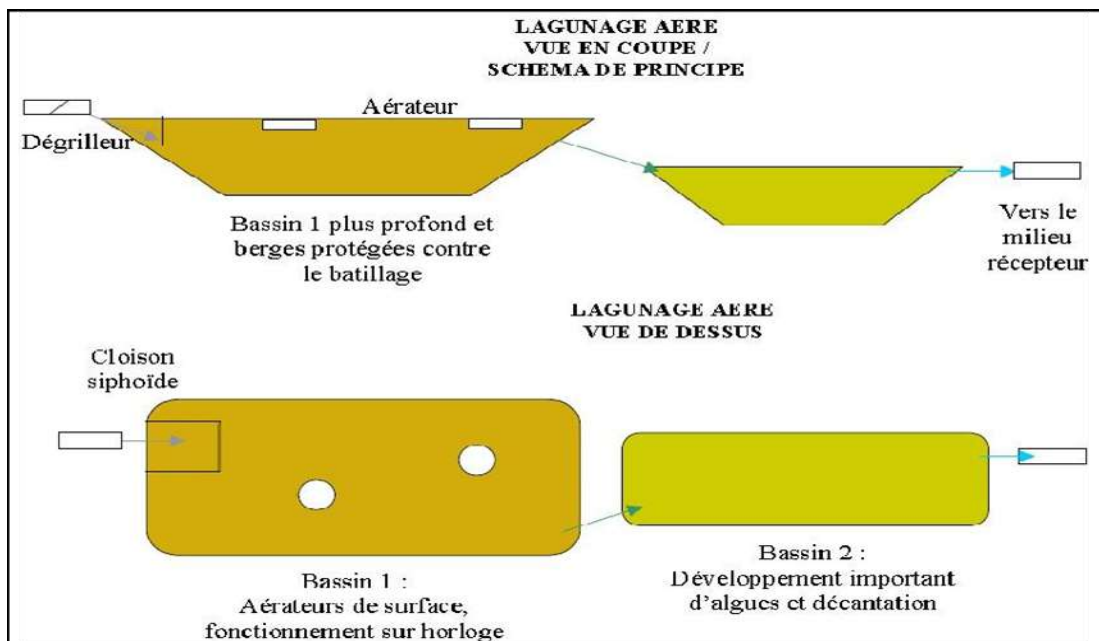


Figure N°3 : schéma de lagunage aéré (source : Agences de l'eau, 1993)

**I.4. L'entretien des bassins de lagunage :**

La surveillance générale est indispensable pour détecter les éventuelles anomalies sur l'installation, en particulier, vérifier ou intervenir sur les points suivants :

- Le bon écoulement de l'eau : noter les baisses de niveau, dégager si besoin les ouvrages de communication entre les bassins.

- La présence de flottants : noter les remontées des boues, algues filamenteuses, lentilles d'eau, .... Procéder à leur enlèvement lorsqu'ils s'accumulent dans une partie du bassin.
- la couleur de l'eau : normalement verte ou brun-vert, un changement de coloration peut traduire la prolifération de microorganismes particuliers.
- La présence de mauvaises d'odeurs : traduit une surcharge d'une partie de l'installation.
- L'état de la géo membrane : présence de gonflement indique la présence de gaz.
- L'état des digues : traces de dégradations ponctuelles, terriers de rongeurs, ....

Pour cela, il est préférable de parcourir tous les bassins, de préférence à pied mais jamais seul.

## I.5. Dysfonctionnements

Le dysfonctionnement est attribué à des causes diverses (surcharge, nature des effluents, lentilles d'eau, défaut d'entretien, défaut de conception...). Les dysfonctionnements qui touchent le lagunage, impliquent un surcoût d'exploitation et conduisent à une dégradation de la qualité de l'eau épurée.

### I.5.1 Types de dysfonctionnement

Changement de couleur :

Le phénomène « eau rouge » est souvent interprété comme étant le résultat d'une eutrophisation du milieu qui sous des conditions climatiques et écologiques particulières provoquent une prolifération extraordinaire de microorganismes spécifiques. Le basculement brusque en période de chaleur de l'état aérobie vers l'état anaérobie et le pullulement de bactéries sulfuraires et la multiplication des Dinoflagellés (organismes végétaux aquatiques unicellulaires avec deux flagelles) et des Diatomées (Les Diatomées correspondent à une classe d'algues brunes (Chromophycophytes). Ce sont des organismes microscopiques et unicellulaires) qui se manifestent avec le réchauffement du milieu. Des études « AUBERT et AUBERT (1986) » ont mis en évidence deux processus d'altération de la couleur qui débutent avec les conditions particulières estivales :

L'apparition d'une teinte verte correspondant à une abondance de Diatomées, puis blanchâtre laiteuse par l'accroissement de bactéries sulfo-réductrices accompagnée d'une chute de taux d'oxygène et le dégagement d'hydrogène sulfuré, et enfin brune à rouge vif par la prolifération de bactéries sulfo-oxydantes, (Thio bactéries). La disparition des algues et la prédominance des bactéries provoquent l'apparition d'une couleur brune, grise. Le bassin devient complètement anaérobie favorisant les métabolismes réducteurs avec dégagement notamment d'H<sub>2</sub>S, et donc d'odeurs.

Lorsque la concentration en H<sub>2</sub>S est forte, le développement des bactéries photosynthétiques du soufre prédomine et le bassin prend une couleur rouge, rose, ocre ou marron. La couleur rouge peut induire un abaissement du rendement global de l'installation.

En conclusion, la couleur des bassins et surtout leur évolution au cours du temps constitue un bon indice pour qualifier l'état biologique des bassins et le niveau de l'épuration.



Figure N°4 : Changements progressifs de couleur (du vert au rouge)

### **Prolifération des algues**

Des blooms algaux sont observés au printemps et en été, cette forte densité algale par ailleurs plutôt bénéfique sur le plan de l'oxygène dissous, mais peut entraîner des pointes de DCO sur les échantillons d'eaux de sortie surtout au printemps et en été.

Pour le lagunage aéré, la présence d'algues en grande quantité dans les bassins n'est pas souhaitable, la mesure de l'oxygène dissous dans ce cas, perdra toute signification si cette mesure est réalisée en période diurne.

Si la couleur de l'eau dans les bassins d'aération évolue au vert foncé, il faudra augmenter les temps de fonctionnement des aérateurs quelles que soient les valeurs d'oxygène mesurées. En effet, dans ces cas, la surcharge organique sur un bassin se comportant en fait comme un lagunage naturel entraîne un risque d'anaérobiose qui peut apparaître en quelques jours, notamment en période de réchauffement des eaux. Cette anaérobiose conduira à un développement des bactéries du soufre qui feront passer la couleur de l'eau du vert au brun ou rouge, avec de possibles dégagements d'odeurs d'hydrogène sulfuré. En cas d'odeurs inhabituelles, et notamment en été, le fonctionnement des aérateurs sera maintenu 24 heures consécutives ou plus jusqu'à élimination totale des odeurs.

### **Prolifération de daphnies**

Sur certaines lagunes, notamment celles qui sont sous-chargées, on peut observer ponctuellement des développements de daphnies qui consomment le phytoplancton. Ces phénomènes naturels liés aux relations de prédation sont très limités dans le temps et entraînent généralement une baisse de la turbidité de l'eau



Figure N°5 : Daphnie





## **Chapitre II**

### **Généralités Sur La Télédétection et SIG**

## II.1 Définition de la télédétection

La télédétection est la discipline scientifique qui regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance afin de faire l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir de mesures et d'images obtenues à l'aide de plates- formes aéroportées, spatiales, terrestres ou maritimes.

## II.2 Principe de base de la télédétection

Dans la plupart des cas, la télédétection implique une interaction entre l'énergie incidente et les cibles. Le processus de télédétection au moyen de systèmes imageurs comporte les sept étapes présentées ci-dessous.

Les processus de la télédétection sont les suivants :

Source d'énergie ou d'illumination (A).

Rayonnement et atmosphère (B). Durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, et entre la cible et le capteur, le rayonnement interagit avec l'atmosphère. Interaction avec la cible (C).

❖ Enregistrement de l'énergie par le capteur (D). Une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible pour être enfin enregistrée.

❖ Transmission, réception et traitement (E). L'énergie enregistrée par le système d'acquisition est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception où l'information est transformée en images (numériques Ou Photographiques).

❖ Interprétation et analyse (F). Une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est ensuite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible.

❖ Application (G). La dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible.

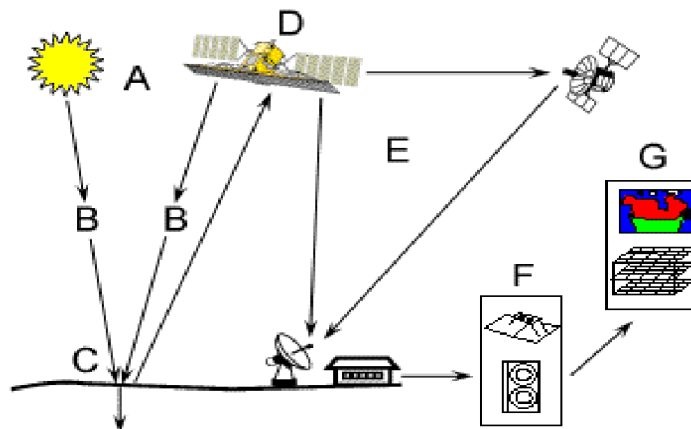


Figure N°6 : Processus de la télédétection

## II.3 Détection passive et active

Le Soleil est une source d'énergie ou de rayonnement pratique pour la télédétection. L'énergie du Soleil est soit réfléchi (la portion visible) ou absorbée et retransmise (infrarouge thermique)

par la cible. Les dispositifs de télédétection qui mesurent l'énergie disponible naturellement sont des capteurs passifs. Le capteur passif peut seulement percevoir l'énergie réfléchi lorsque le Soleil illumine la Terre. Il n'y a donc pas d'énergie solaire réfléchi le soir, tandis que l'énergie dégagée naturellement (l'infrarouge thermique) peut être perçue le jour ou la nuit.

Un capteur actif produit sa propre énergie pour illuminer la cible : il dégage un rayonnement électromagnétique qui est dirigé vers la cible. Le rayonnement réfléchi par la cible est alors perçu et mesuré par le capteur. Le capteur actif a l'avantage de pouvoir prendre des mesures à n'importe quel moment de la journée ou de la saison.

#### II.4 Systèmes de télédétection

C'est acquisition d'informations sur un objet ou un phénomène, Le développement des techniques de la télédétection résulte de la conjonction entre l'invention des vecteurs, ballons, avions ou satellites, permettant de s'éloigner de la surface du sol ou de la Terre dans son ensemble, et le constant perfectionnement des capteurs, c'est à dire des appareils permettant d'enregistrer le rayonnement électromagnétique pour reconstituer les caractéristiques de la surface (terre ou océan), ou de l'atmosphère.

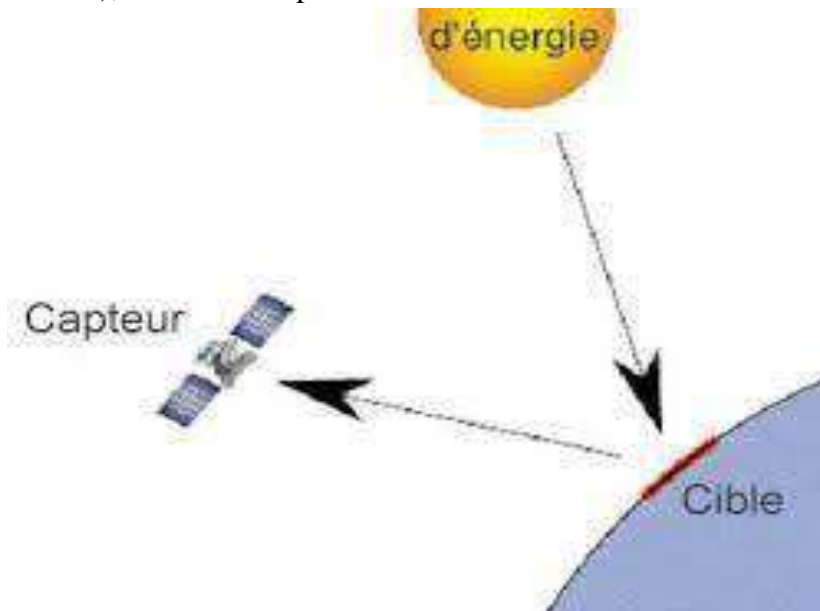


Figure N°7 : Le système de la télédétection

La télédétection satellitaire est actuellement un des seuls outils permettant d'acquérir des informations détaillées en tout point du globe rapidement de manière objective, régulière et répétitive permettant ainsi un suivi des événements environnementaux (pollution, feux de brousse, séisme, inondation...). C'est aussi une discipline applicable dans divers domaines comme : l'agriculture, la foresterie, l'hydrologie, la géologie, l'urbanisme, la cartographie etc.

#### II.5 Applications de la télédétection

Les applications de la détection à la gestion des catastrophes sont nombreuses, partant de la modélisation du risque et de l'analyse de la vulnérabilité, à l'alerte précoce et l'évaluation des dégâts (voir Tableau 3).

**II.6 Définition de Système d'information géographique**

Comité Fédéral de Coordination Inter-agences pour la Cartographie numérique » FICCDC (1988) Un système d'information géographique est un "système informatique de matériels, de logiciels, et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion".

Table N° II-3 : Possibles applications de la télédétection.

Type de catastrophe	Atténuation	Préparation	Réponse	Reconstruction
Cyclones	Modélisation du risque ;  analyse de la vulnérabilité.	Alerte précoce ;  modélisation climatique à long terme.	Identification des voies d'évacuation ;  cartographie  des crises ;  évaluation de l'impact ;  suivi des cyclones ;  prévisions des ondes de tempête.	Evaluation des dommages;  planification de l'occupation des sols.
Sécheresses	Modélisation du risque ; analyse de la vulnérabilité ; planification de la gestion des sols et de l'eau.	Prévisions météorologiques ; suivi de la végétation ; cartographie des besoins en eau pour les cultures ; alerte précoce.	Suivi de la végétation ; évaluation des dommages.	Eclairer les décisions d'atténuation des effets de la sécheresse.
Séismes	Evaluation du parc de logements ; cartographie du risque.	Mesure de la déformation sous contrainte.	Création des voies d'évacuation pour les recherches et les secours ;  évaluation des dommages ; plans d'évacuation ; cartographie de la déformation.	Evaluation des dommages ; identification des sites à réhabiliter.
Incendies	Cartographie des zones exposées au feu ;	Détection du feu ; prédiction de la	Coordination des efforts de lutte contre	Evaluation des dommages.



Figure N°8 : Système d'information géographique.

## II.7 Propriétés

Un SIG permet à travers la manipulation de la base de données formée, de s'enquérir de toute information utile par des méthodes simples et rapides, ainsi qu'à des requêtes composées.

Un SIG manipule deux types de données :

Données spatiales qui peuvent être représentées dans un plan par un point (points coté, emplacement d'un puits, ...), une ligne (rivière, route, ...), une surface ou un polygone (unité pédologique, parcelle, délégation,...)

Données descriptives, qualitatives ou quantitatives qui portent des informations concernant les données spatiales : altitude, capacités, type de sol, nom de la délégation etc...

Un SIG combine les possibilités de représentation graphique d'un logiciel de dessin assisté par ordinateur (DAO) avec les capacités de manipulation de données d'un système de gestion de base de données (SGBD).

## II.8 Composants d'un SIG

Un Système d'Information Géographique est constitué de 5 composants majeurs :

- ❖ Matériel : Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs des serveurs de données aux ordinateurs de bureaux connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.
- ❖ Logiciels : Les logiciels de SIG offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et afficher toutes les informations.
- ❖ Données Les données sont certainement les composantes les plus importantes des SIG. Les données géographiques et les données tabulaires associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.
- ❖ Utilisateurs : Nous serons tous à des niveaux différents des utilisateurs de SIG.
- ❖ Méthodes : La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.



Figure N°9 : Composantes d'un SIG

## II.9 Les différentes couches

Un SIG contient généralement plusieurs sortes d'objets géographiques qui sont organisés en thèmes que l'on affiche souvent sous forme de couches. Chaque couche contient des objets de même type (routes, bâtiments, cours d'eau, limites de communes, entreprises,...). Chaque objet est constitué d'une forme (géométrie de l'objet) et d'une description, appelé aussi sémantique.

Les SIG offrent toutes les possibilités des bases de données (telles que requêtes et analyses statistiques), à travers d'une visualisation unique et d'analyse géographique propres aux cartes. Ces capacités spécifiques font du SIG un outil unique, accessible à un public très large et s'adressant à une très grande variété d'applications.

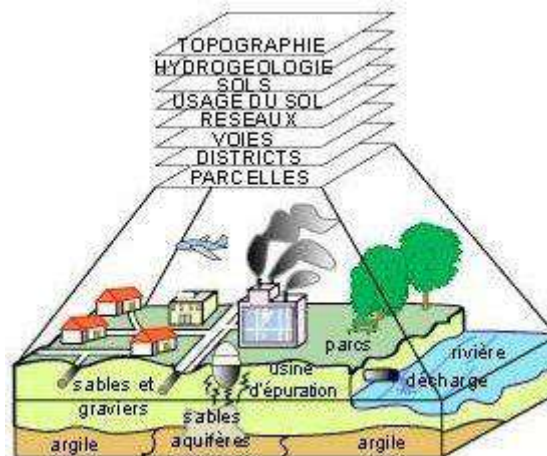


Figure N°10 : Les couches d'un SIG

## II.10. Quelques concepts de base

### II.10.1 Mode vecteur et raster

Les modalités d'acquisition des données ainsi que les représentations des objets sont très variées. De même les méthodes de stockage de ces données et leur représentation, sont différentes.



Deux types de représentations des objets sont possibles : les coordonnées géographiques des objets peuvent être archivées sous la forme de vecteurs (mode vecteur) ou sous forme d'images (mode raster).

La structure vectorielle est composée d'un grand nombre de points. Chaque point est décrit par ses coordonnées en X et Y dans un système de référence ou de projection (en latitude, longitude ou kilométrique tel que Lambert et UTM) et par un attribut ou un numéro d'identification qui est relié à une base de données. Chaque point peut représenter un objet (bâti, borne géodésique, ...). La structure vectorielle permet de représenter les points en arcs. Ces derniers une fois associés, donnent naissance à des objets linéaires qui représentent la réalité (courbes de niveau, cours d'eau, ruisseaux...). Un arc fermé, peut représenter une surface (parcelle, une retenue collinaire, un bassin versant...) ; Il implique une représentation en mode d'objet. Ce dernier est bien adapté pour décrire la topologie pour des bases de données thématiques telles que les types de sols, couvert végétal. De plus, elle limite la quantité d'informations à stocker. Par ailleurs, il est mal adapté pour décrire des variables spatiales continues comme l'altitude ou la température. Le mode raster est plus adapté pour représenter des variables continues. De plus, la représentation sous forme de grille correspond bien à l'organisation informatique des données. L'inconvénient de ce mode réside dans la taille des fichiers, étant donné que chaque pixel contient une information. Une même surface peut être représentée par un grand nombre de pixels. Ce mode est également adapté pour l'utilisation de méthodes de traitements numériques de l'information pour la description de certains éléments géographiques naturels.

### II.11. Structure du SIG

La structure d'un SIG peut être représentée en quatre groupes :

- ❖ L'acquisition des données géographiques d'origines diverses,
- ❖ La gestion de la base de données,
- ❖ L'analyse spatiale (traitement et exploitation),
- ❖ La présentation des résultats sous forme cartographique,

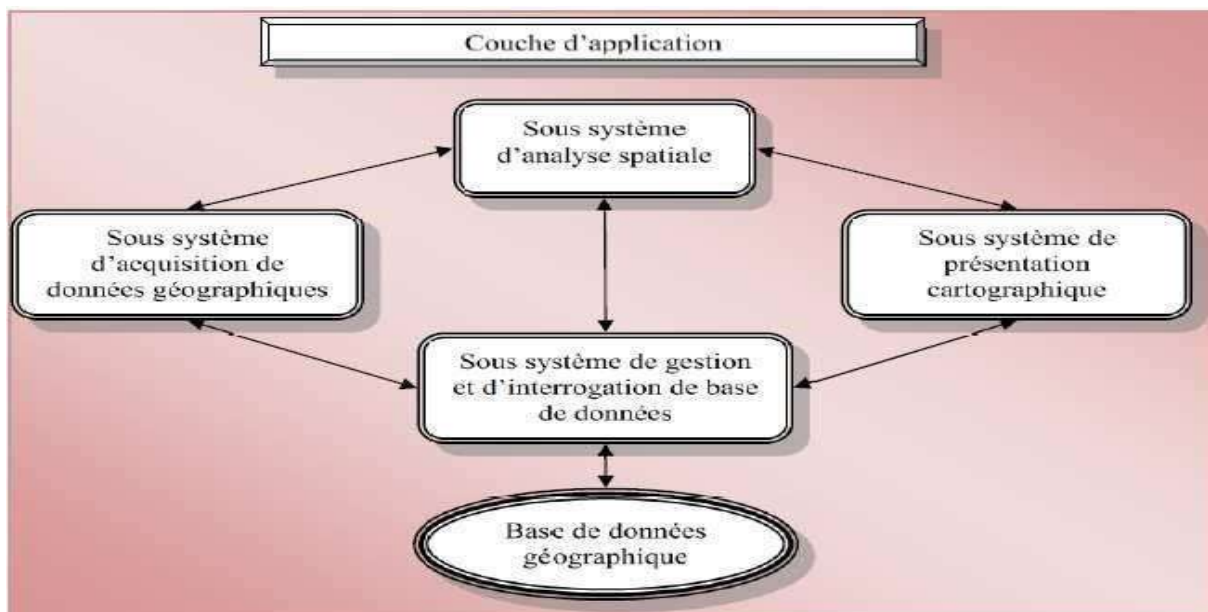


Figure N°11 : La structure du SIG

## II.7. Fonctionnalités du SIG

Les SIG présentent un certain nombre de fonctionnalités qui peuvent être rassemblées de différentes manières.

### II.7.1. Abstraction

Les SIG sont utilisés pour réaliser des descriptions du territoire permettant d'obtenir l'information nécessaire pour répondre à une problématique déterminée. Ils contiennent cette information sous plusieurs formes dont certaines sont des représentations d'éléments ou de phénomènes existants.

Ces représentations cherchent à reproduire le plus fidèlement possible la réalité d'une manière compréhensible par les utilisateurs et utilisable informatiquement dans le but de répondre à des objectifs donnés. Il est donc nécessaire de préciser les éléments sur lesquelles on doit disposer d'information et la nature de celle-ci. Le monde réel est ainsi modélisé en fonction des besoins, ce qui permet de définir précisément le contenu du système.

### II.7.2. Acquisition des données

Les éléments que doit contenir le système sont connus dès que le modèle conceptuel est établi et les informations géométriques et sémantiques nécessaires sont précisées. Les données doivent ensuite être intégrées et doivent répondre aux exigences de qualité induites par les objectifs à atteindre. Ces données peuvent provenir de fournisseurs extérieurs, de numérisation directe ou de traitements particuliers comme des images satellites par exemple. Les données peuvent être de quatre types différents selon la géométrie qui leur est associée : Les données raster, les données vecteurs, les grilles ou MNT et les données sans géométrie. Avant d'utiliser des données papier dans SIG, il est nécessaire de les convertir dans un format informatique, cette étape s'appelle la digitalisation. S'il s'agit de transformer une image constitué de pixels (raster) en image comprenant des éléments vectoriels tels que des surfaces, des points ou des lignes (vecteur), cette étape s'appelle la vectorisation.

### II.7.3. Archivage

Le SIG rassemble un volume important d'information afin de permettre son utilisation dans des applications variées, il possède des capacités de traitements spécifiques à la composante géométrique et offre une palette d'outils permettant de travailler avec en particulier dans les calculs de proximité ou dans les recherches basées sur des critères géométriques. C'est une des fonctions les moins visibles pour l'utilisateur. Elle dépend de l'architecture du logiciel avec la présence intégrée ou non d'un Système de Gestion de Base de Données (SGBD) relationnel ou orienté objet. Au niveau logique, certains systèmes informatiques gèrent simultanément les données géométriques et les données attributaires alors que d'autres séparent ces deux types de données. Cela entraîne des conséquences car les possibilités de traitements ne sont pas les mêmes. De plus au niveau physique, les bases de données peuvent être réparties sur plusieurs sites, le lien étant réalisé par des serveurs.

### II.7.4. Analyse

L'analyse est le mode le plus puissant et le plus riche. On regroupe dans les fonctionnalités d'analyse des opérateurs permettant d'incorporer dans les requêtes des critères géométriques et certaines possibilités de calculs sur les données géographiques. Les différentes relations que l'on peut mettre en œuvre concernent la proximité (trouver les objets proches d'un autre), la topologie (objets jointifs, inclus, partiellement inclus, exclus...etc.) ou la forme (taille, type...etc.). Il est ainsi possible de combiner les propriétés géométriques avec les propriétés sémantiques afin de réaliser une analyse assez complète.

Les autres fonctions d'analyse spatiale sont des opérations mathématiques qui exploitent les propriétés topologiques des données géographiques :

- ❖ Création de zones tampons autour de points, lignes, polygones ;

Croisement de polygones (calcul des polygones résultants de l'intersection de deux ou plusieurs objets surfaciques), et plus généralement opérations booléennes sur des polygones (intersection, union, inclusion, exclusion...etc.);

- ❖ Analyse de graphes (recherche le plus court chemin suivent la distance ou un autre critère.);

La combinaison de toutes ces fonctionnalités de requêtes, d'analyse, sur des données en mode vecteur ou raster, permet de résoudre des problèmes assez complexes.

### II.7.5. Affichage

Les SIG permettent l'édition des données et des résultats des traitements sous diverses formes : Affichage à l'écran (affichage des différentes couches, résultat des requêtes...etc.), édition sur traceur, imprimante (édition des données sur support papier), ou copie d'écran, mais aussi création de rapports, statistiques, d'histogrammes ou de graphiques diverses.

Les SIG sont principalement caractérisés par leur capacité à traiter numériquement à la fois la composante spatiale et la composante thématique d'un phénomène.



Figure N°12 : Les principales fonctions des logiciels SIG

### II.8. Domaine d'application des SIG

- ❖ Gestion et aménagement du territoire ;
- ❖ Analyse et prédiction des risques majeurs ;
- ❖ Elaboration des scénarios d'évacuation et d'intervention de sécurité civile ;
- ❖ Santé (étude de la prolifération et de la propagation d'une épidémie) ;

- ❖ Recherche en écologie, foresterie, hydrologie et géologie ;
- ❖ Militaire (logistique et mouvements de troupes).

### **II.9. Les Systèmes d'Information géographique vous permettent**

De disposer les objets dans un système de référence géo référencé.

- ❖ De convertir les objets graphiques d'un système à un autre.
- ❖ De faciliter la superposition de cartes de sources différentes.
- ❖ D'extraire tous les objets géographiques situés à une distance donnée d'une route.
- ❖ De fusionner des objets ayant une caractéristique commune (par exemple : toutes les maisons raccordées à un réseau d'eau potable).

De définir des zones en combinant plusieurs critères (par exemple : définir les zones inondables en fonction de la nature du sol, du relief, de la proximité d'une rivière).

### **Conclusion**

Il y a quelques années la mise en place de SIG paraissait réservée aux grandes structures. Aujourd'hui les progrès informatiques et les possibilités offertes en matière de gestion et d'analyse, conduisent à la généralisation de l'outil à tous les échelons du territoire. Cependant la mise en place d'un SIG. La réussite d'un projet SIG dépend, pour une bonne part, de facteurs non techniques tels que L'analyse des besoins, la méthodologie de mise en place, les conditions économiques liées aux investissements et au fonctionnement.

Les applications de la télédétection se sont multipliées, dans nombreux domaines de la météorologie et de la climatologie, de l'océanographie, de la cartographie ou de la géographie. Quel que soit le domaine d'applications considérées, une bonne interprétation des documents de télédétection ou une bonne utilisation des données numériques nécessite la compréhension des principes physiques sur lesquels est fondée la technique de télédétection. Afin de fournir une présentation de ces interprétations aux utilisateurs que sont les géographes, les gestionnaires de l'environnement ou les aménageurs.

# **Chapitre III**

## **Présentation De La Zone D'étude**

### III.1. Introduction

Chaque étude scientifique nécessite une compréhension approfondie des caractéristiques du domaine. Cette compréhension permet de comprendre la question étudiée au niveau local et aide à l'examen de tous les aspects affectant les ressources en eau. Par conséquent, dans cette section, nous concentrerons sur la position géographique, les facteurs climatiques et le secteur hydraulique. Pour décrire les caractéristiques environnementales, le potentiel hydrique et le cycle de l'eau de la wilaya d'ILLIZI, ce chapitre propose une vue d'ensemble.

### III.2. Présentation de La Zone d'étude

#### III.2.1. Cadre géographique

La Wilaya d'Illizi qui est l'une des plus vastes wilayas de l'Algérie avec une superficie de : 284 618 Km<sup>2</sup> (le 1/9 du territoire national). Elle est située à l'extrême sud-est du pays. Elle fait partie du vaste ensemble appelé Bas Sahara. Elle est comprise entre 21°50 et 30°34 de latitude Nord et 5°54 et 12°00 de longitude Est. Elle est une Wilaya frontalière. Son territoire est composé de reliefs hétérogènes, relief dunaire, relief de plateau, relief de plaine.

Géographiquement, la Wilaya occupe une position stratégique, elle est limitée avec trois pays sur une frontière près de 1256 Km :

- La Tunisie au nord-est sur près de 37.43 Km ;
- La Libye à l'est sur près de 1006 Km ;
- Le Niger au sud sur près de 213 Km.

A l'intérieur du pays, la wilaya est limitée par Deux wilayas, la wilaya de Tamanrasset à l'ouest et sud-ouest et la wilaya d'Ouargla au nord. La figure 13 présente la situation géographique de la wilaya d'Illizi, ou la partie (a) présente la situation géographique d'Algérie au niveau continentale, la partie (b) présente la situation géographique de la wilaya d'Illizi au niveau de l'Algérie et la partie (c) présente le découpage administratif de la wilaya d'Illizi.

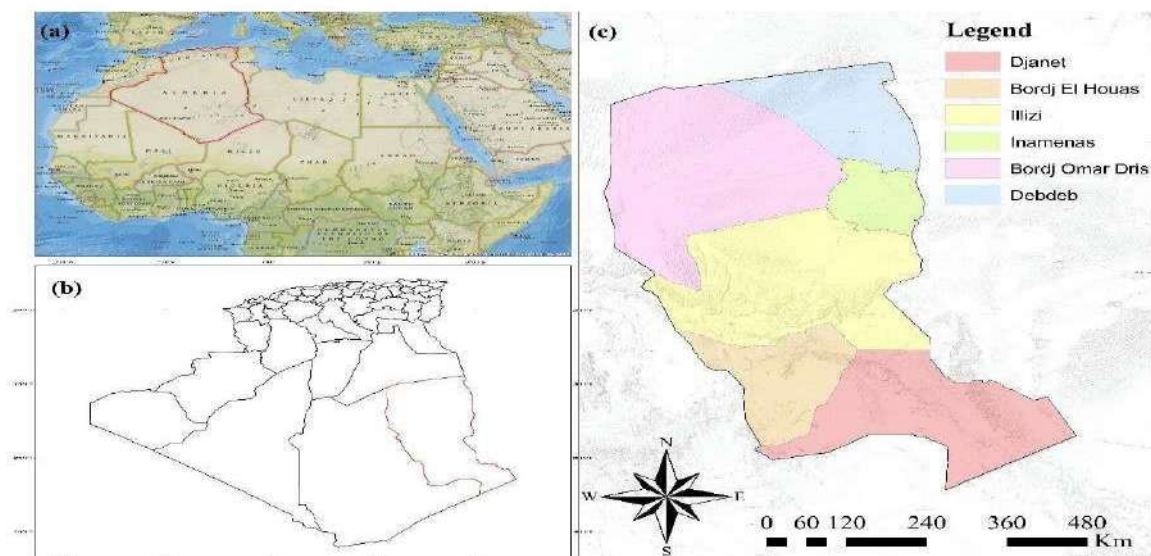


Figure N°13 : Situation géographique de la wilaya d'ILLIZI.

III.2.2 ASPECT CLIMATIQUE :

Températures :

Les données mensuelles de la température maximal et minimal disponible sont présenter

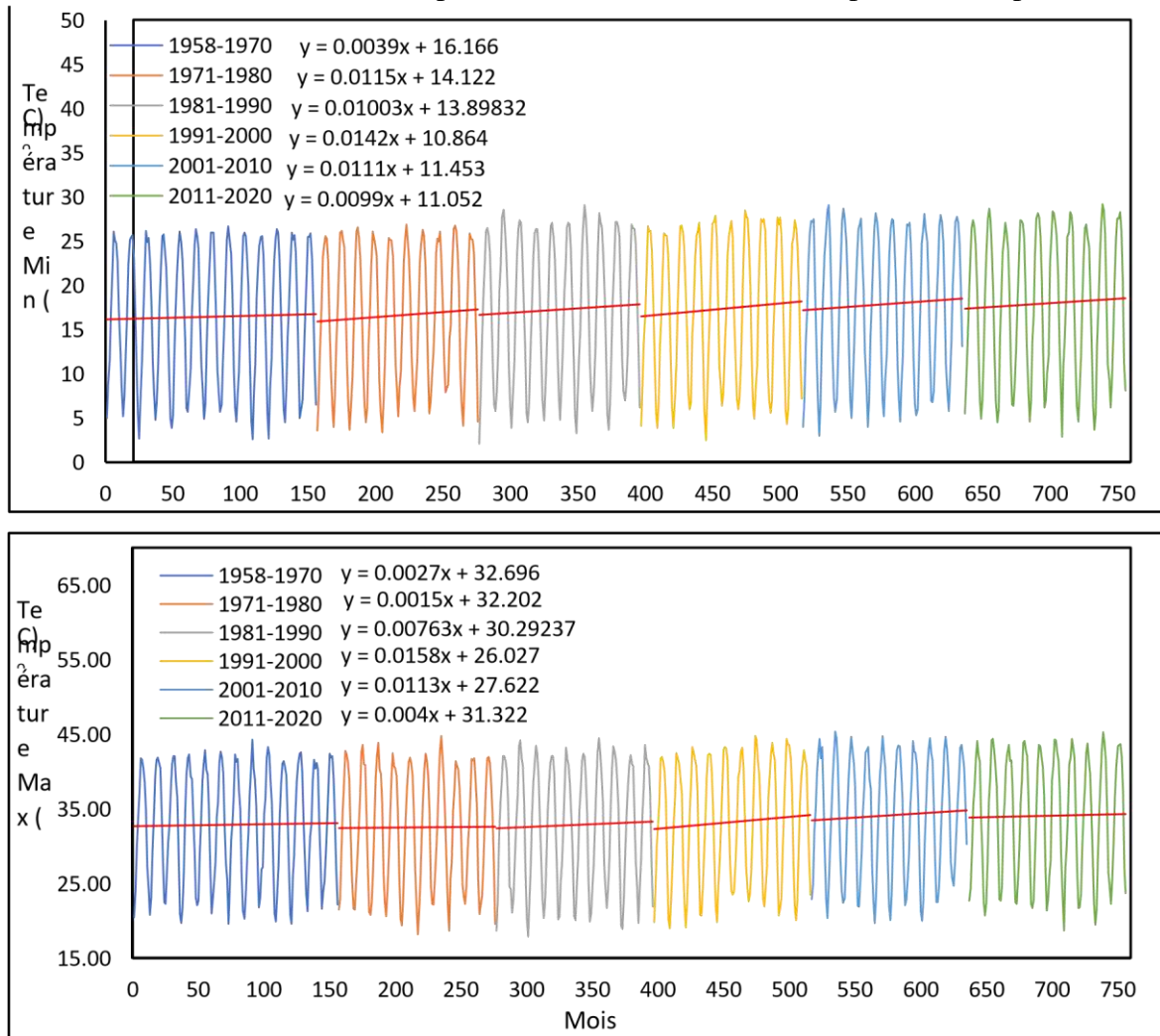


Figure N°14 : variation mensuelle des températures maximal et minimal.

Dans la figure 14. Les mois sont posés sur l'axe des X, ou les températures sont posé sur l'axe des Y. dans cette figure on a divisé la série a six partie (12 ans dans la première partie et 10 ans dans le reste des parties) ou on a extrait les formules linéaires de tendance pour mieux comprendre la variation climatique. D'après la figure 14, il est clair que les températures max et les températures min ont toujours en tendance positive, ce qui signifie une augmentation aux valeurs de températures. Où la température Maximale enregistrée en 1958 était 41.8 °C, en 2020 cette valeur rendra 43.7 °C. Au niveau de la série des températures minimales, la valeur minimum durant 1958 était 5 °C, ou en remarqué une augmentation de 1.2 °C en 2020 par rapport au celle de 1958.

Précipitations :

Selon les saisons, les précipitations sahariennes ont une origine différente. Celles de l'été sont dues aux dépressions de mousson. Par contre celles de l'hiver dépendent et sont liées aux dépressions qui accompagnent la migration vers le sud des fronts polaires, et pendant les saisons intermédiaires. Les précipitations sont dues aux dépressions soudano sahariennes

qui traversent du Sud au Nord le Sahara. Il semble que le Sahara septentrional est beaucoup plus atteinte par ces dépressions soudano sahariennes d'origine tropicale que par les pluies de la mousson soudanaise. La figure 15 présent la variation mensuelle moyenne des précipitations, on remarque que durant les derniers 10 ans (2011-2020), les précipitations ont augmentent d'une façon plus rapide par rapport aux périodes précédents, mais ce qu'attirer l'attention c'est que la zone d'étude passer par une période sèche actuellement. En peut justifier cette contradiction par la durée de pluie, les fortes précipitations dans des courtes durées provoque des catastrophes naturelles tel que les inondations et ne favorise pas le rechargement naturel des nappes souterrain

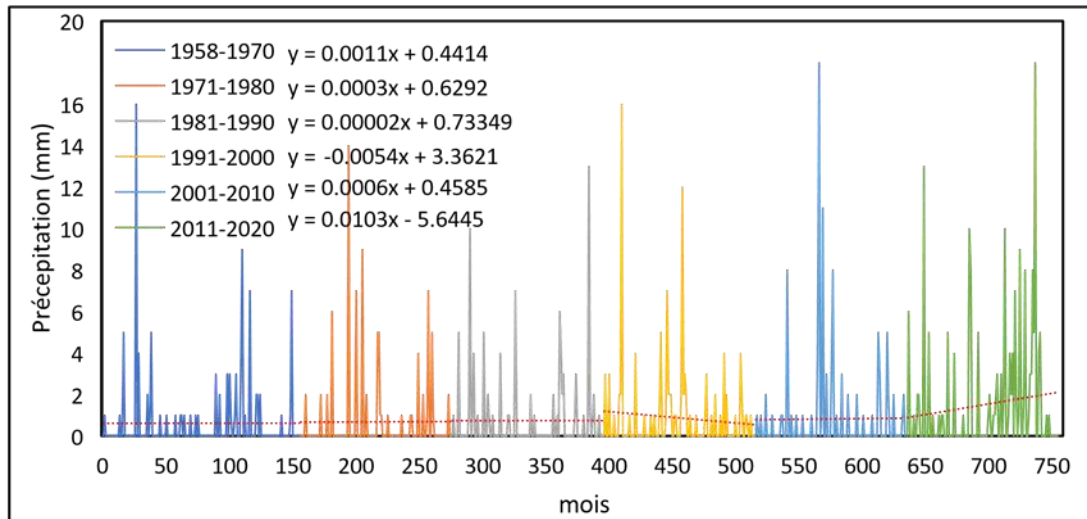


Figure N°15 : Variation mensuelle des précipitations moyenne.

#### Humidité relative de l'air :

Cette valeur illustre le rapport de pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air et la pression de vapeur saturante dans les mêmes conditions de température et de pression. Les valeurs observées montrent que l'humidité est plus élevée en hiver qu'en été, ces valeurs peuvent oscillées entre 35 et 50,1 %. En été les fortes températures dissipent la vapeur d'eau atmosphérique, ce qui explique les faibles valeurs de l'humidité pouvant descendre jusqu'à 19,1 %.

#### Vents :

Généralement les vents sont faibles à modérés. Les plus fréquents sont ceux du Sud-est et Est. Les plus forts soufflent souvent durant les mois de mars, avril, mai et septembre avec une vitesse qui peut dépasser parfois les 5 m/s.



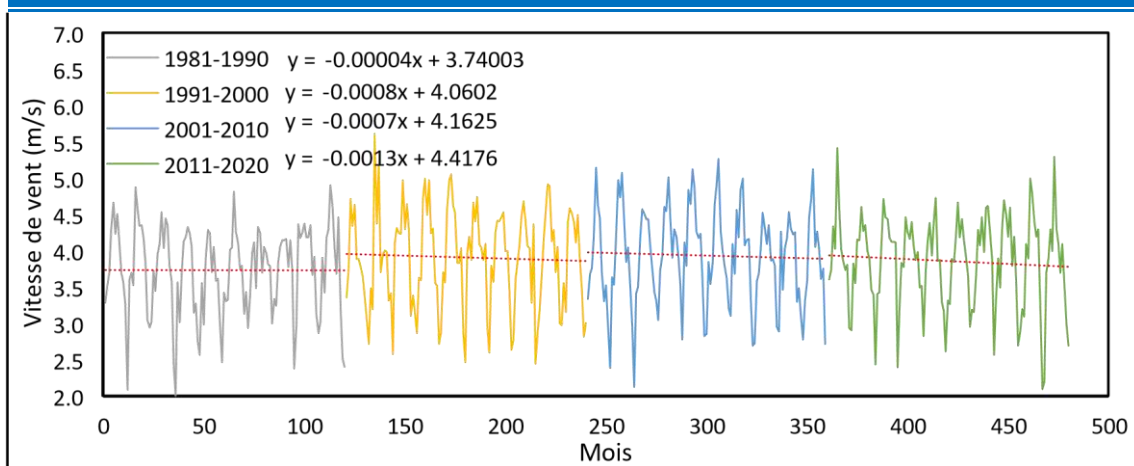


Figure N°16 : Variation mensuelle des vitesses de vent.

### III.3. Présentation de la station d'épuration d'ILLIZI :

Une station d'épuration permet de traiter les eaux usées qu'elles soient d'origines industrielles ou qu'elles proviennent des activités quotidiennes de l'homme.

Une station d'épuration est une installation de plusieurs dispositifs et de procédés bien spécifique ; chaque procédé a pour rôle d'éliminer ou de diminuer le taux d'un polluant présent dans l'eau usée. Equipée d'un LABORATOIR D'ANALYSE qui a pour but de calculer le rendement de la STEP d'une façon générale.

La station d'épuration des eaux usées de la ville d'ILLIZI a été dimensionnée pour une capacité de 40000 équivalent habitant avec un débit nominal égal à 6400 m<sup>3</sup>/j, un débit moyen à temps sec égale les 267 m<sup>3</sup>/h et un débit de point à temps sec atteindre les 417 m<sup>3</sup>/h. d'un point de vue qualitative, la station a été dimensionnée pour traiter les eaux caractérisées par des charges polluantes de DCO, DBO<sub>5</sub>, MES, Nt, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et Pt ne dépassent pas les 4000 kg/j, 2000 kg/j, 2800 kg/j, 600 kg/j et 160 kg/j respectivement. La station reçoit les effluents de la commune d'ILLIZI par pompage arrivés de deux stations, la station de pompage « final » et la station de pompage « Tinemri ». La conception de la STEP consiste d'un ouvrage de prétraitement contenant un système de by-pass, un dégrilleur automatique et un autre manuel, un déshuileur, un dessableur avec un système d'extraction des sables automatique, un classificateur à sable et un débitmètre pour mesurer les effluents entrants. En aval de cet ouvrage on trouve la filière de traitement biologique qui consiste à de fillette d'eau, chaque fillette contient un bassin anaérobie, un bassin facultatif et un bassin de maturation. En fin on trouve un seul bassin de stockage qui collecte les eaux de deux fillettes, un débitmètre et une station de pompage pour l'évacuation des eaux épurées vers Oued ILLIZI, 2.5 Km loin de la station. La station a été réalisée pour des objectifs bien déterminés, la protection des nappes souterraines contre la pollution, la lutte contre les maladies à transmission hydrique et la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture.



Figure N°17 : Vue de la station d'épuration d'Illizi

#### III.4. Localisation de STEP

La station d'épuration d'Illizi est située à 10 km à l'ouest de la ville sur la route de daïra Bordj Omar Driss et est conçue pour recevoir un débit de 6400 m<sup>3</sup>/jour. Elle a été réalisée et installé par l'Entreprise par Chialai Académie.

#### III.5 Définition des ouvrages :

##### Ouvrages d'arrivée :

L'entrée de la station est équipée pour recevoir le débit total au moyen d'un barrage seuil pour tous les débordements, dont la limite est de 417 m<sup>3</sup>/h et d'un barrage en aluminium installé sous forme de bandes pour assurer un isolement complet de la station.

Il contient également un tube à décharge latérale qui fonctionne pour laisser passer les flux liquides et assurer le passage des flux en cas de blocages et d'accidents, et les déchets liquides sont mesurés et enregistrés par une sonde à ultrasons placée dans le sens du prétraitement

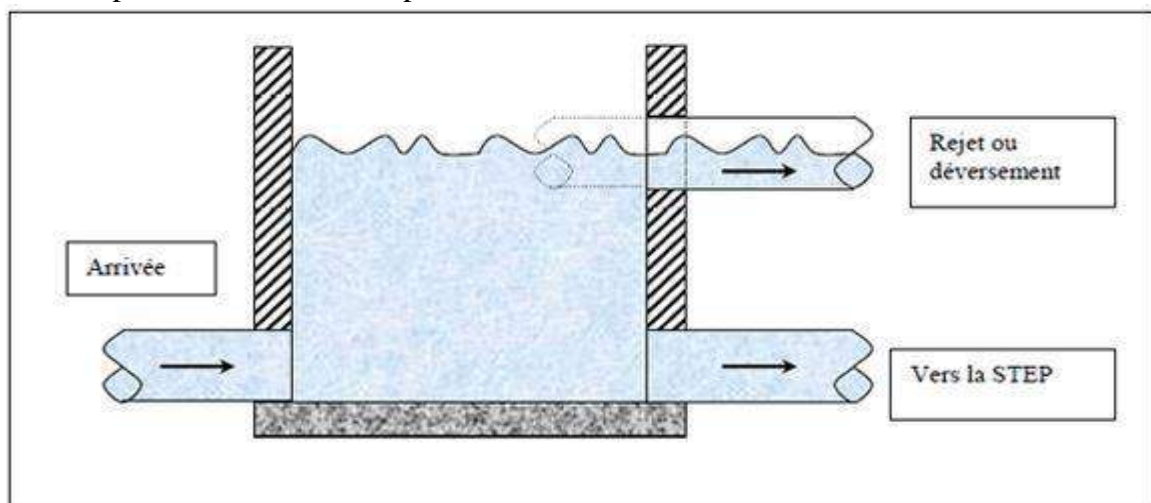


Figure N°18 : Exemple d'un ouvrage type "trou dans le mur"

**Dégrillage :**

Le tri est effectué sur deux lignes parallèles :

- La ligne principale est équipée d'un tamis mécanique à nettoyage automatique pour un fonctionnement simple et puissant.
- La ligne secondaire est équipée d'un portail manuel.

Afin de permettre une sauvegarde totale lors de la maintenance du réseau, chaque réseau doit pouvoir accepter un débit de pointe jusqu'à ce que 417 m<sup>3</sup>/h soient acceptés.

Les ordures sont soulevées de la grille à main à l'aide des râteliers en acier inoxydable qui fait partie de la fourniture. Les déchets collectés lors du tri sont récupérés et transférés vers la benne d'évacuation via un tapis roulant.



Figure N°19: dégrilleur.

**Dessablage-déshuilage :**

A la fin de l'étape de tamisage, l'effluent est dirigé vers la structure de sablage et de déshuilage pour élimination par décantation des résidus plus denses (sable) et flottation des déchets plus légers (graisse) grâce à l'aération de l'eau le long de la paroi du puisard.

L'étape de ponçage et de graissage est réalisée dans une structure à deux rangées (O<sub>2</sub>) chaque rangée gérant un débit total de 417 m<sup>3</sup>/h. La coque est équipée d'aérateurs submersibles pour assurer l'émulsification et la flottation des graisses contenues dans le plan d'eau. .

Les matériaux légers et gras sont collectés par un système de raclage mécanique. Les matériaux collectés sont déposés directement dans un réservoir de stockage.



Figure N°20: Dessablage- déshuilage

**Refus de sable :**

L'auge est équipée d'un pont racleur sur lequel une pompe à sable pneumatique de type élévateur est suspendue dans un mouvement de va-et-vient, et les particules de sable accumulées au bas de la structure sont extraites par une pompe à sable de type pneumatique, et retournés à un classificateur et récupérés dans une benne d'au moins 3 mètres installée sur une remorque à roues. Le classificateur est installé sur des palettes en béton posées sur une dalle pour y placer le seau de broyage de sable.

**Refus des huiles :**

Les huiles et graisse extraites sont déversées dans une fosse de stockage. Au droit de cette fosse, une pompe installée pour assurer la reprise des graisses stockées et d'alimenter directement la citerne.



Figure N°21: Refus des huiles et sable

**III.6. Traitement Des Effluents Par Lagunage :**

Le traitement s'effectue sur deux lignes parallèles comprenant chacune d'elles :

1. Étang anaérobie ou lac primaire
2. Bassin ou lac secondaire en option
3. Bassin de finition ou triple lac.

N.B Les interconnexions existent entre les deux lignes après chaque ouvrage.

**Bassin anaérobique ou lagunage primaire :**

Les traitements primaires regroupent les procédés physiques ou physico-chimiques visant à éliminer par décantation une forte proportion de matières minérales ou organiques en suspension. A l'issue du traitement primaire, seules 50 à 60 % des matières en suspension sont éliminées. Ces traitements primaires ne permettent d'obtenir qu'une épuration partielle des eaux usées. Ils ont d'ailleurs tendance à disparaître en tant que seul traitement, notamment lorsque l'élimination de la pollution azotée est requise.

**Bassin facultatif ou Lagunage secondaire :**

Les traitements secondaires recouvrent les techniques d'élimination des matières polluantes solubles (carbone, azote, et phosphore). Ils constituent un premier niveau de traitement biologique.

**Bassin de maturation ou Lagunage tertiaire :**

Le traitement tertiaire permet de garantir un niveau de traitement supérieur de la pollution, notamment lorsque l'eau épurée est rejetée en milieu particulièrement sensible

**Bassin de stockage :** Le bassin de stockage d'eau traitée dans lequel, l'eau est conservée et réutilisée à des fins agricoles, par exemple.

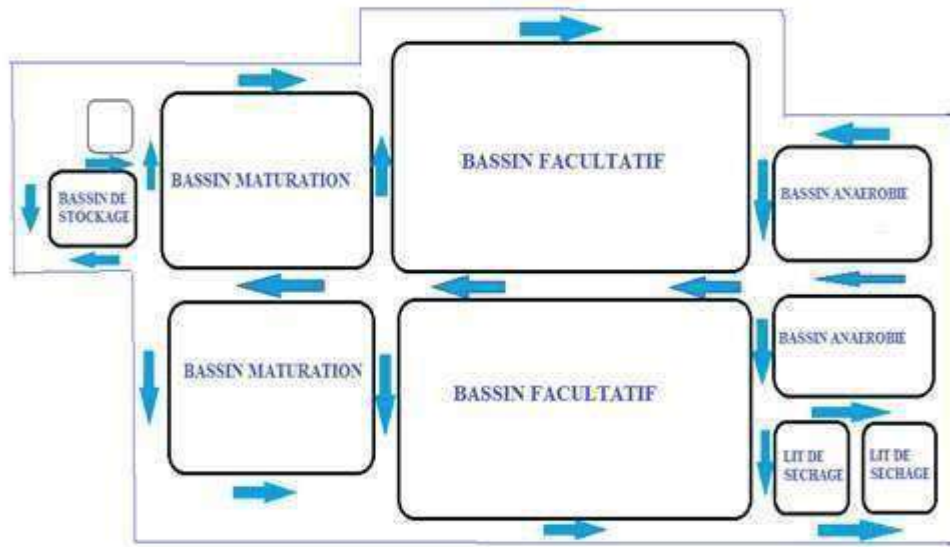


Figure N°22 : schéma de fonctionnement de la STEP d'illizi

**III.7. Dispositif de reprise des boues :**

Cet équipement est indépendant, doté d'une pompe ayant un débit d'aspiration d'au moins 15 m<sup>3</sup>/h et d'un moteur thermique d'une puissance suffisante pour permettre l'extraction des boues vers les étangs de séchage à une distance maximale des lacs.

Des tubes d'aspiration et d'évacuation des boues font partie de la fourniture. Les boues sont transportées du bord des lacs aux étangs de séchage par un réservoir monté sur une remorque à roues. Dans ce cas, le volume minimum du réservoir est de 10 m<sup>3</sup>.

**Lits de séchage des boues :**

Lite de dépôt de boue de 3000 m<sup>2</sup> est deux ouvrages de 1500 m<sup>2</sup>. Ces travaux en exploitant et en fixant une parcelle de terrain du site, qui permet également de stocker des boues liquides jusqu'à 30 cm de hauteur.

- Infiltration des granulés de fond et d'extrémité par membrane synthétique
- une couche de gravier
- Filtre à sable et couche d'accès avec armature en béton, largeur 3,00 m

**Conclusion :**

Le but de la station d'épuration d'illizi n'est pas de produire l'eau consommable sur la nature mais acceptable par la nature (milieu rejet) c'est à dire éliminer toute la matière physique, chimique et biologique dans les eaux usées qui sont dangereux sur la nature.



**Chapitre IV**  
**Matériels et Méthodes**

### IV.1. L'autosurveillance :

L'autosurveillance au niveau d'une STEP nous permet :

- ✦ D'une part le suivi de l'ensemble des paramètres permettant de justifier de la bonne marche des installations et de leur fiabilité, la quantification des sous-produits du traitement des eaux usées (refus de dégrillage, huiles et graisses, consommation de réactifs, énergie...).
- ✦ Et d'une autre part l'évaluation de sa performance ou de son rendement par la détermination du flux de pollution en entrée et en sortie de STEP en mesurant, à une fréquence déterminée, les charges de polluants reçues et rejetées par l'ouvrage, pour en évaluer l'efficacité.

### IV.2 Méthode d'analyse :

#### IV.2.1 Détermination de la conductivité électrique, salinité et la température.

La valeur de la conductivité est un paramètre cumulé pour la concentration en ions d'une solution mesurée. Plus une solution contient de sel, d'acide ou de base, plus sa conductivité est élevée. L'unité de conductivité est  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , Pour sa mesure, nous avons eu recours à la méthode électrochimique de résistance à l'aide du conductimètre de poche Cond 340 i.

L'appareil utilisé est un conductimètre de poche Cond 340 i et une pissette eau déminéralisé. Solution KCl (3 mol/L) pour calibrage.

Procédure : on vérifie le calibrage de l'appareil suivant la procédure, puis on prolonge l'électrode dans la solution a analysé. On peut lire les résultats de l'analyse de la conductivité et la salinité et la température.

On rince bien l'électrode après chaque usage et conserve l'électrode toujours dans l'eau déminéralisée.

#### IV.2.2. Détermination de pH.

Le but de cette analyse est la détermination de l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau. L'appareil utilisé est le pH-mètre. La solution étalon 4 et 7 et 10. On utilise une pissette d'eau déminéralisé.

Procédure : Vérifier le calibrage de l'appareil suivant la procédure ci jointe et puis plonger l'électrode dans la solution a analysé, Lire le pH à température stable, Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserve l'électrode toujours dans une solution électrolyte.

#### IV.2.3. Détermination de l'O<sub>2</sub> dissous

La concentration réelle en oxygène dépend en outre de la température, de la pression de l'air, de la consommation d'oxygène due à des processus microbiologiques de décomposition ou une production d'oxygène, par les algues. Actuellement, la mesure électrochimique est la méthode reconnue par les différentes normes pour déterminer la concentration en oxygène des eaux à l'aide du l'oxymètre de poche Oxi 340 i. Le matériel utilisé est un oxymètre et une solution alcaline électrolyte pour calibrage, une pissette d'eau déminéralisé.

#### IV.2.4 Mesurer la quantité de substances en suspension dans l'eau (MES)

La méthode utilisée pour mesurer la quantité de matières en suspension est la méthode de filtration, qui est utilisée lorsque l'eau contient peu de matières en suspension. On lave le filtre par l'eau distillée, puis on met le filtre dans l'étuve à 105 °C pendant 2 heures, après on le laisse refroidir dans le dessiccateur, puis on pèse le papier filtre vide sans échantillon, son poids est désigné par ( $M^{\circ}$ ). On place le filtre (la partie lisse en bas) sur le support de filtration, puis on agite le flacon d'échantillon et on verse un volume de 100 ml d'échantillon dans l'éprouvette graduée filtré l'échantillon, on rince les parois internes de l'éprouvette graduée avec de l'eau distillée et après on retire avec précaution le papier filtre à l'aide de pinces, puis on met le filtre



dans l'étuve à 105 °C pendant 2 heures, puis on refroidir dans le dessiccateur et on pèse le filtre (M<sup>1</sup>).

Le calcul de la teneur en MES est donné par l'expression suivante :

$$\text{MES} = 1000(M^1 - M^0)/V$$

MES : La teneur en MES en (mg/l).

M<sup>1</sup> : La masse en (mg) de la capsule contenant l'échantillon après étuvage à 150°C

M<sup>0</sup> : La masse en (mg) de la capsule vide. V : Volume de la prise d'essai en (ml).

#### IV.2.5 Mesure de la demande chimique d'oxygène (DCO)

La mesure de la demande chimique en oxygène nous renseigne sur la bonne marche des bassins d'aération et nous permettant d'estimer le volume de prise d'essai de DBO<sub>5</sub> au principe Il s'agit d'une oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau par excès de bichromate de potassium (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) en milieu acidifié par acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), en présence de sulfate d'argent (Ag<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>) et de sulfate de mercure (HgSO<sub>4</sub>) Pour voir le matériel utilisé de cette analyse veuillez consulter l'annexe. Les réactifs :

- Réactifs DCO (LCK 514) gamme (15 à 150 mg/l) pour les faibles concentrations.
- Réactifs DCO (LCK 114) gamme (100 à 2000 mg/l) pour les fortes concentrations. La procédure : Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif DCO puis agiter et placer le tube fermé dans le réacteur DCO et chauffer deux heures à 148°C, laissez refroidir à température ambiante pendant 15 minutes et mesurez directement la concentration de la DCO par spectrophotomètre.

#### IV.2.6 Mesure de la demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)

L'échantillon d'eau est stocké dans le thermostat. On fait la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux microorganismes pour la dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq (5) jours. Les microorganismes présents consomment l'oxygène dissous qui est remplacés en permanence par l'oxygène de l'air, contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au-dessus de l'échantillon. Cette dépression sera enregistrée par une OXI TOP

Procédure : La détermination de la DCO est primordiale pour connaître les volumes à analyser pour la DBO<sub>5</sub>.

Volume de la prise d'essai (DBO<sub>5</sub>) = DCO (mg/l) × 0,8. Pour les eaux urbaines. Introduit la quantité de l'eau à analyser voire (Tableau III.1).

Introduire la barre magnétique (agitateur) et les 2 pastilles d'hydroxyde de sodium et Visser la tête de mesure sur les bouteilles, Appuyer simultanément sur les touches (S+M) durant 3 secondes jusqu'à apparition du message (00) puis mettre au réfrigérant à 20 °C pendant cinq jours Apres lire au bout de cinq jours la valeur affichée et appliquer le coefficient pour la valeur réelle.

Pour voir le matériel utilisé de l'analyse de la demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) veuillez consulter l'annexe.

Expression des résultats DBO<sub>5</sub> (mg/l) = Lecteur × Facteur.



Figure N°24 : Thermostat pour DBOs



Figure N°23 : Incubateur



Figure N°25 : Matériels utilisés, Oxymètre et pH-mètre et Conductimètre

### IV.3. Images Satellitaire

Cette étude s'est appuyée sur des images satellites téléchargées dès l'organisation COPERNICUS

### IV.4. Définition de COPERNICUS :

COPERNICUS est l'un des programmes spatiaux de l'Union européenne (UE) dont l'objectif est de fournir un accès complet, libre et ouvert aux données et aux informations sur notre planète et son environnement, basé sur l'analyse de données provenant de l'observation de la Terre au moyen de satellites et de capteurs in situ (sur place). Cette initiative est menée par la Commission européenne en partenariat avec l'Agence spatiale européenne (ESA), l'Organisation européenne pour l'exploitation de satellites météorologiques (EUMETSAT), le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMET), l'Agence européenne pour l'environnement (AEE), Mercator Océan International (MOI), l'Agence européenne de garde-frontières et de garde-côtes (Frontex), l'Agence européenne pour la sécurité maritime (AESM), le Centre satellitaire de l'Union européenne (CSUE) et le Centre commun de recherche, le service de la science et de la connaissance de la Commission.

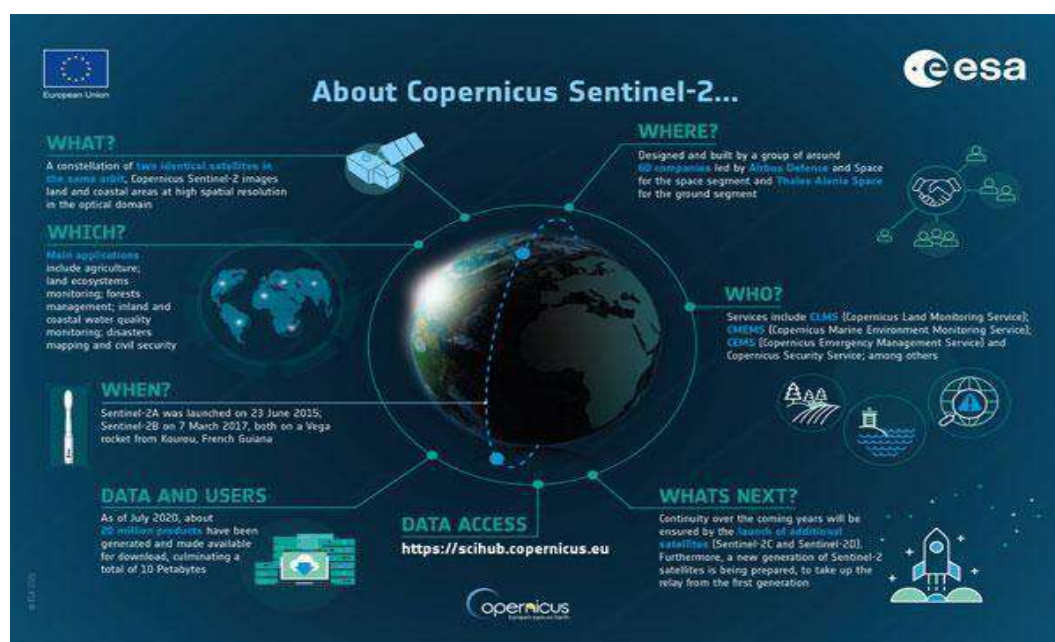


Figure N°26: à propos COPERNICUS sentinel 2

Domaines de l'espace et des services, COPERNICUS vise à :

- Promouvoir des systèmes et services innovants d'observation de la terre.
- Garantir l'accès indépendant de l'Europe aux connaissances factuelles sur le terrain environnement, climat surveillance clé et technologies de l'information géographique.
- Fournir des services d'information à ses utilisateurs de manière Complète, gratuite et ouverte.

Sachant que cet organisme utilise un groupe de satellites, dont SENTINEL 2, que fait l'objet de notre étude, nous allons déterminer les raisons du choix de ce satellite :

**IV.5. Sentinel 2 :** Il s'agit d'un satellite européen d'imagerie de la Terre, le deuxième de la génération Sentinel-2 lancé par l'Agence spatiale européenne le 7 mars 2017 dans le cadre du

programme spatial COPERNICUS. Son orbite est en phases 180° par rapport au satellite Sentinel-2, qui a été lancé.



**Figure N°27:** image de satellite Sentinel 2.

Ce radar a été choisi pour des raisons et des critères dont nous citons le plus important :

#### **Cadre temporel**

Il y a un ajustement temporel avec notre étude, car ce radar a des images pendant la période de 2020 à 2023

#### **Résolution des images**

La qualité des images est cohérente avec la taille des bassins de la station étudiée, car ce satellite nous fournit une résolution de 10m/10m, sachant que la taille des bassins de la station est plus grande, et cela aide à trouver plus de valeur que les indices que nous voulons calculer.

#### **Dispositif spectral**

Il y a des bandes spectrales dans ce satellite qui aident au calcul des indices à étudier, l'indice de la couverture végétale (NDVI), l'indice de turbidité de l'eau (NDTI), l'indice des chlorophylles (NDCI). Ces indices ont été choisis car la station que nous étudions fonctionne par lagunage Naturel, chaque coefficient peut être calculé comme suite :

#### **Indice de la couverture végétale (NDVI)**

Un indicateur simple qui peut être utilisé pour analyser les mesures de télédétection, souvent à partir d'une plate-forme spatiale, par lequel on peut évaluer si une cible observée contient ou non de la végétation verte vivante.

Il peut être calculé par l'équation suivante :

$$\text{NDVI} = (\text{Band8} - \text{Band4}) / (\text{Band8} + \text{Band4})$$

#### **Indice de turbidité de l'eau (NDTI)**

L'indice de turbidité par différence normalisée (NDTI), qui est estimé à l'aide des valeurs de réflectance spectrale des pixels d'eau, est utilisé pour estimer la turbidité dans les masses d'eau. Il utilise le phénomène selon lequel la réflectance électromagnétique est plus élevée dans le spectre vert que le spectre rouge pour l'eau Claire Il peut être calculé par l'équation suivante :

$$\text{NDTI} = (\text{Band4} - \text{Band3}) / (\text{Band4} + \text{Band3})$$

### L'indice des chlorophylles NDCI :

Le NDCI est un indice qui vise à prédire la teneur en chlorophylle des plantes. Il est calculé en utilisant la bande spectrale rouge B04 avec la bande spectrale bord rouge B05.

$$\text{NDCI} = (\text{Band5} - \text{Band4}) / (\text{Band5} + \text{Band4})$$

### IV.7. Application sur Arc GIS.

On ouvre le logiciel ArcGIS, puis on va dans le catalogue, on choisit l'image captée par Satellite, puis choisit le fichier granule, puis IMG DATA, puis R10, une fenêtre apparaît contenant un ensemble de dispositifs. Nous choisissons deux dispositifs, B04 et B08, En plus de la STEP, comme indique dans la figure 28.

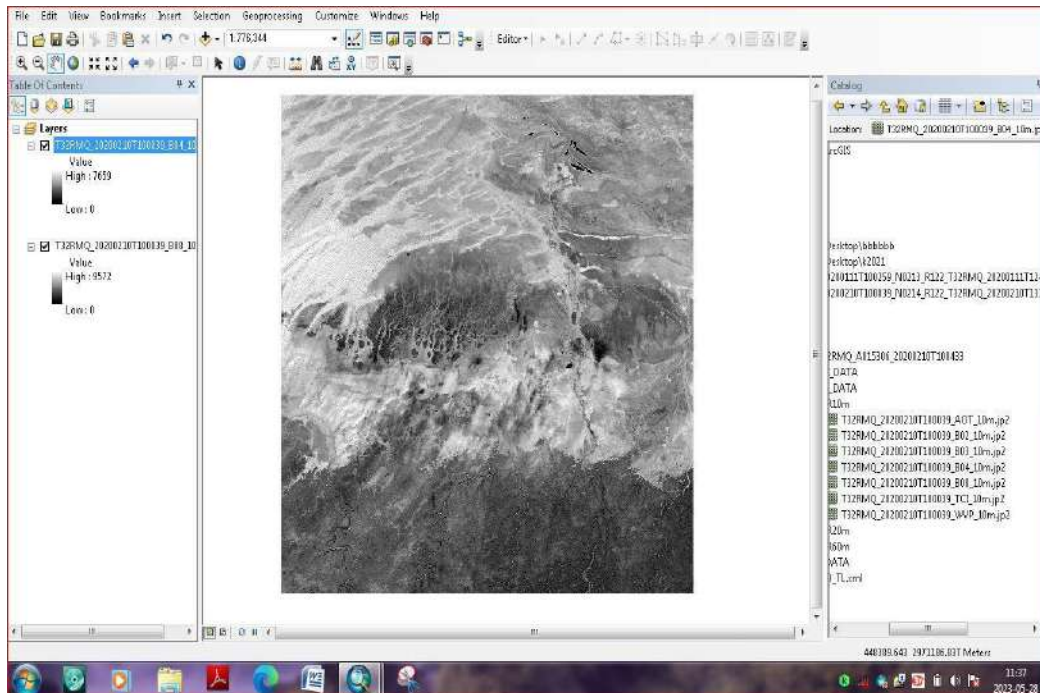


Figure N°28 : band 4 et band 8

Dans la fenêtre de recherche. On écrit « extract by mask » une fenêtre apparaît. Dans la première case on écrit B04.

Dans la deuxième case. On écrit le mot STEP Dans la troisième case on écrit le coefficient indicateur de végétation NDVI pu appuyez sur ok comme dans les figures 29 et 30.

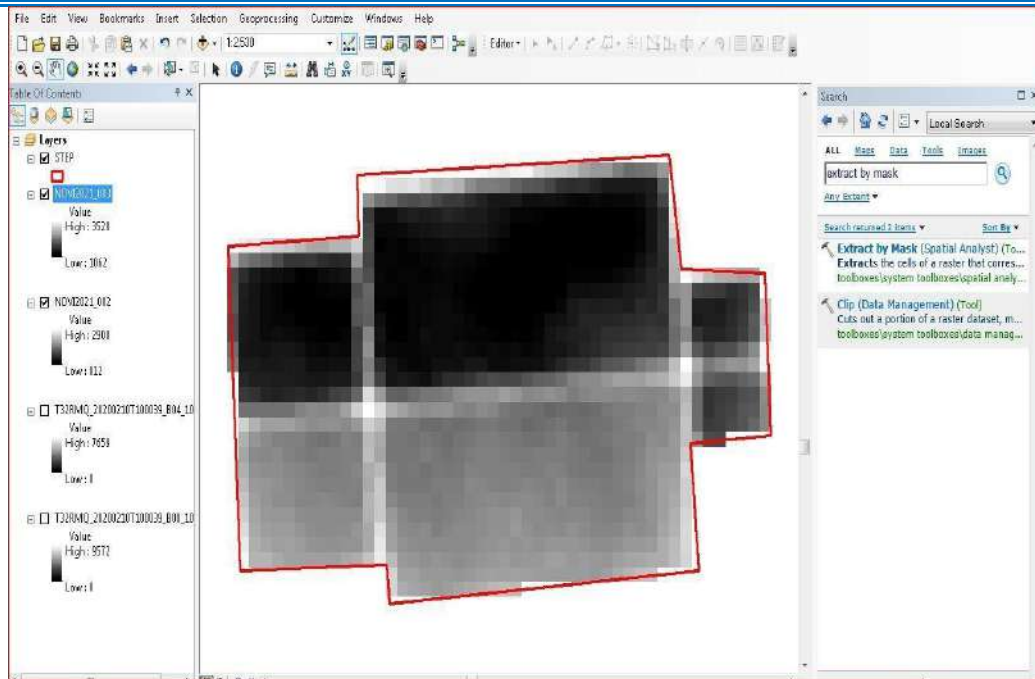


Figure N°29: extract by mask

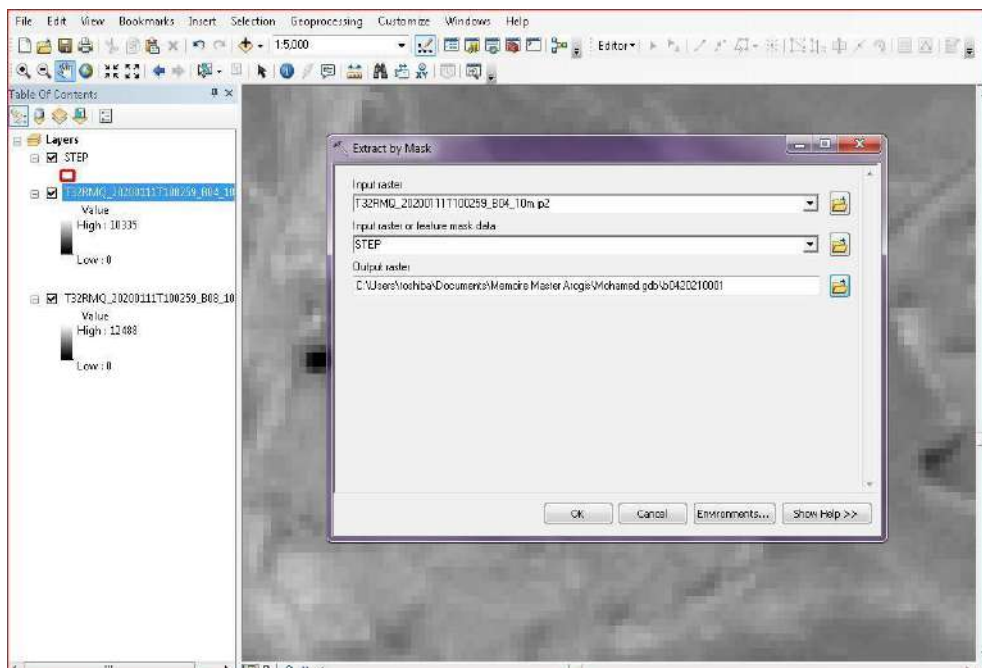


Figure N°30: extract by mask Band04

On fait la même opération avec la deuxième glissière B08

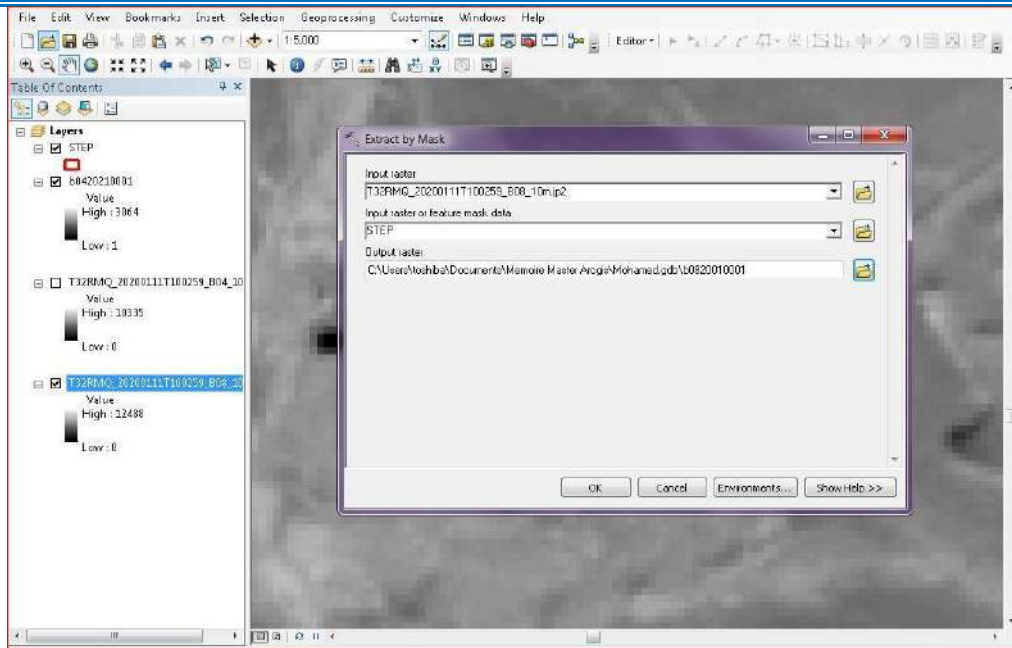


Figure N°31: extract by mask Band08

On écrit dans la case de recherche le mot « algébra » une liste apparait on choisit le « raster calculator ».

- Puis on effectue le calcul selon l'équation suivante
- $NDVI = (B08 - B04) / (B08 + B04)$
- Comme le montrent les figures 32 et 33.

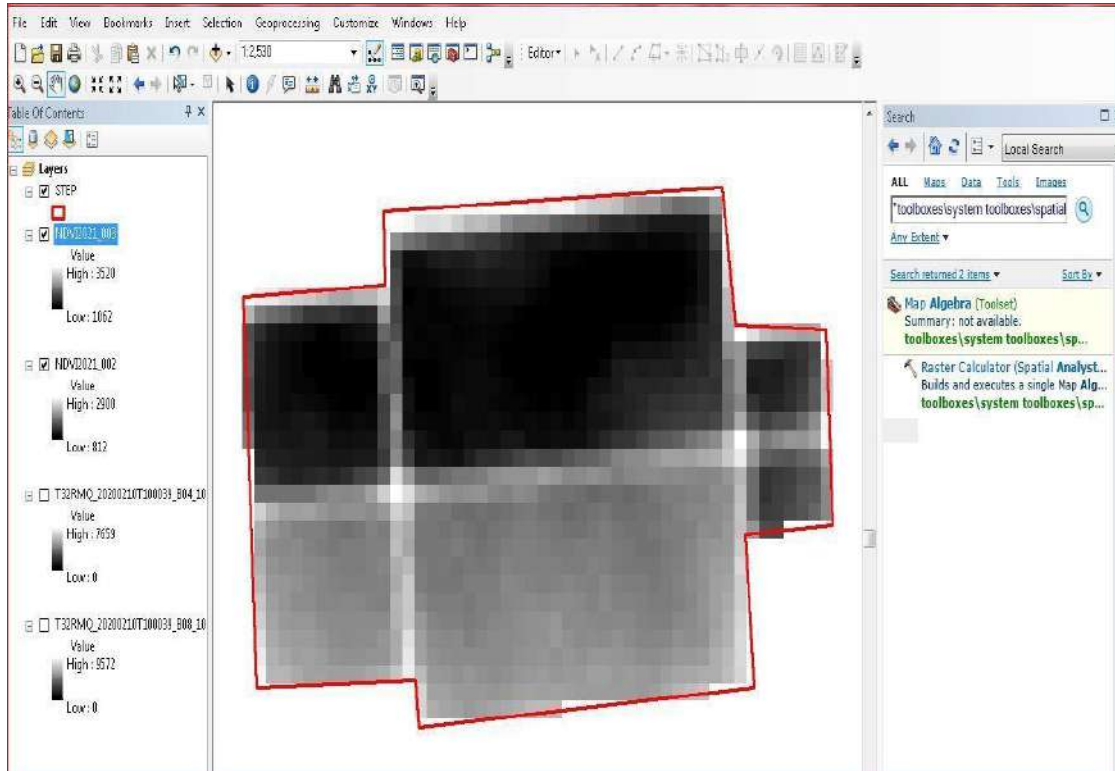


Figure N°32: NDVI

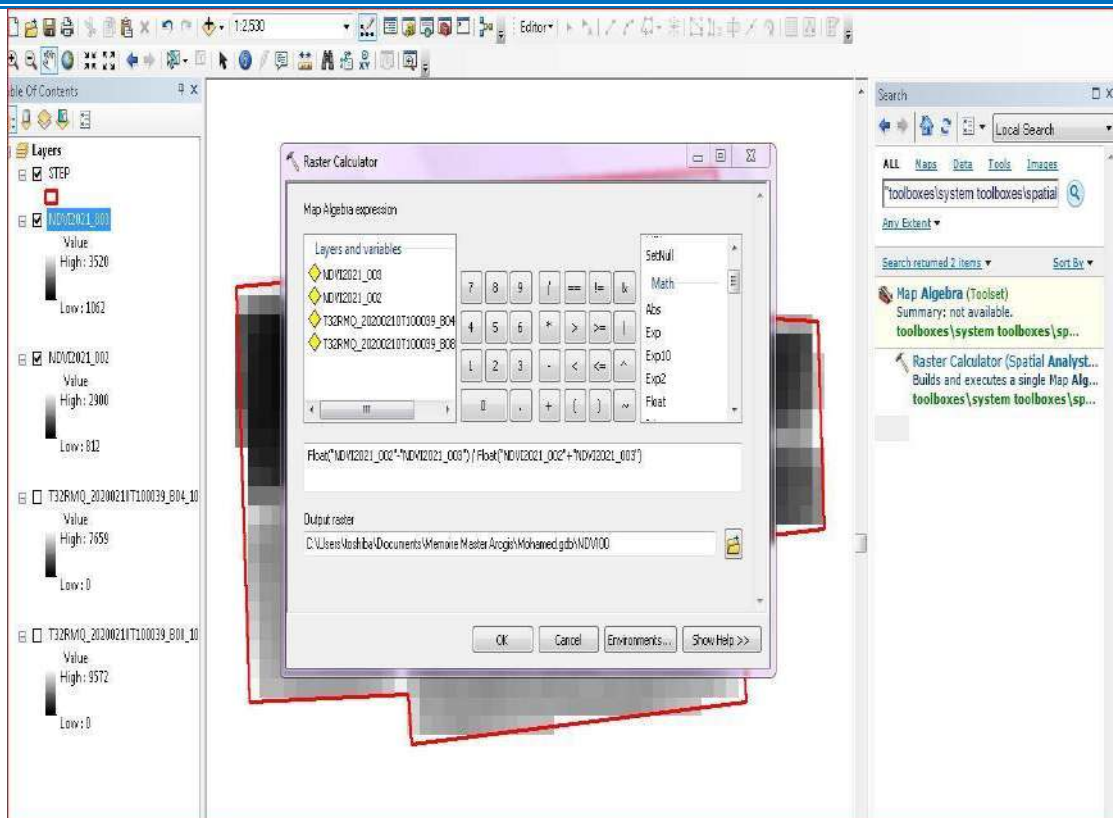


Figure N°33: algebra NDVI

- Après le calcul on obtient la figure suivante.

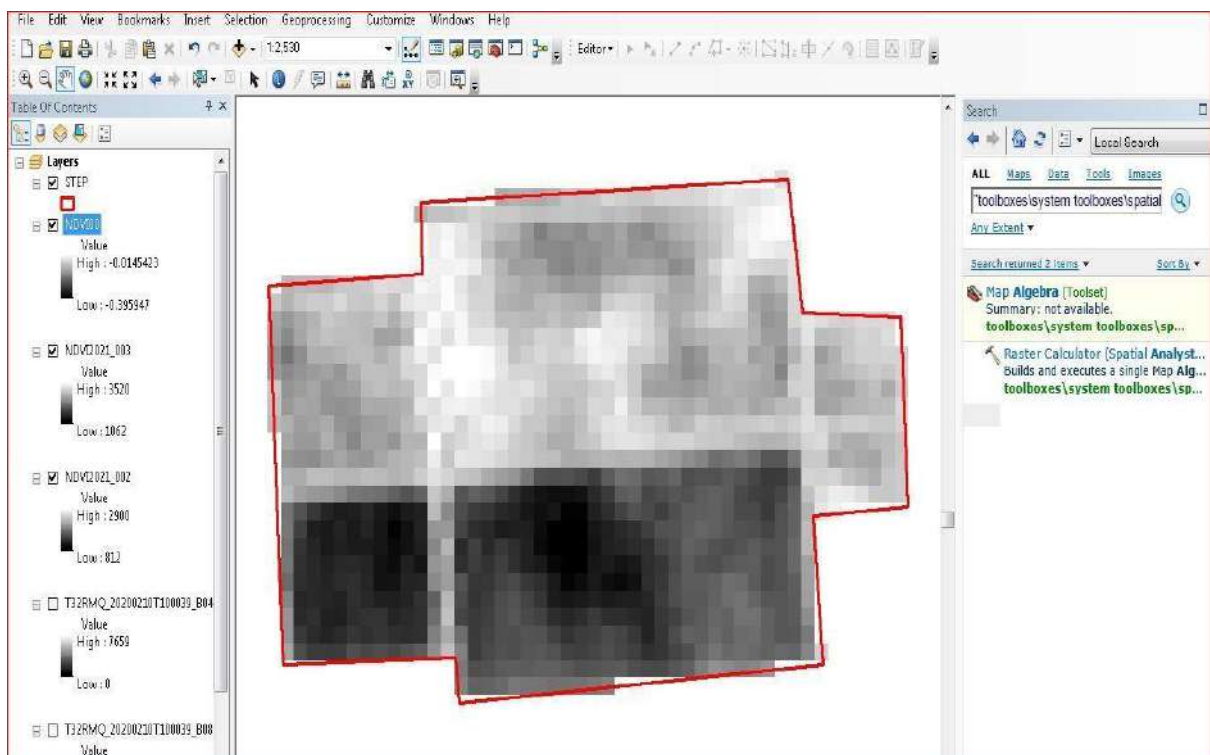


Figure N°34: résultat algebra NDVI



Nous changeons la couleur de l'endroit que nous voulons étudier nous obtenons donc la forme finale comme présent dans la figure 35.

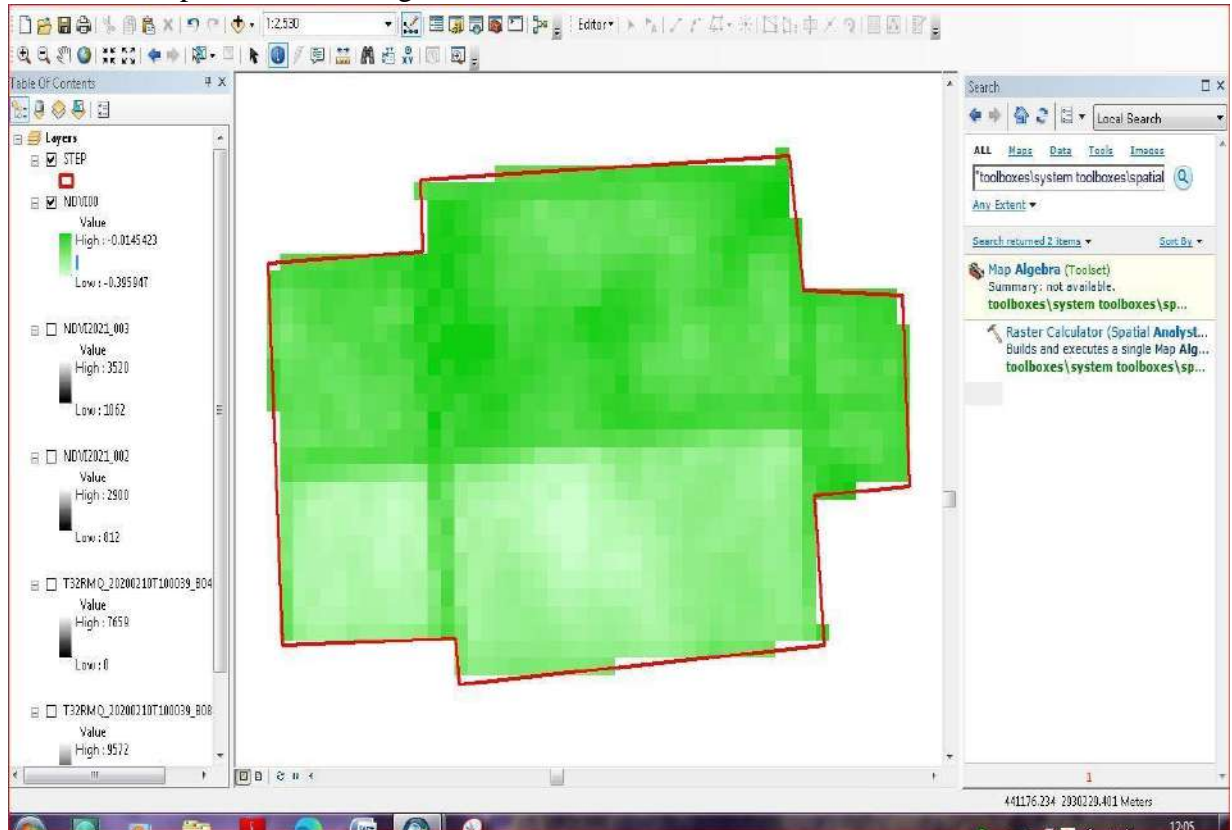


Figure N°35: changement de couleur NDVI

- Nous écrivons dans le processus de recherche raster to point.
- Nous choisissons dans la liste raster to point conversion

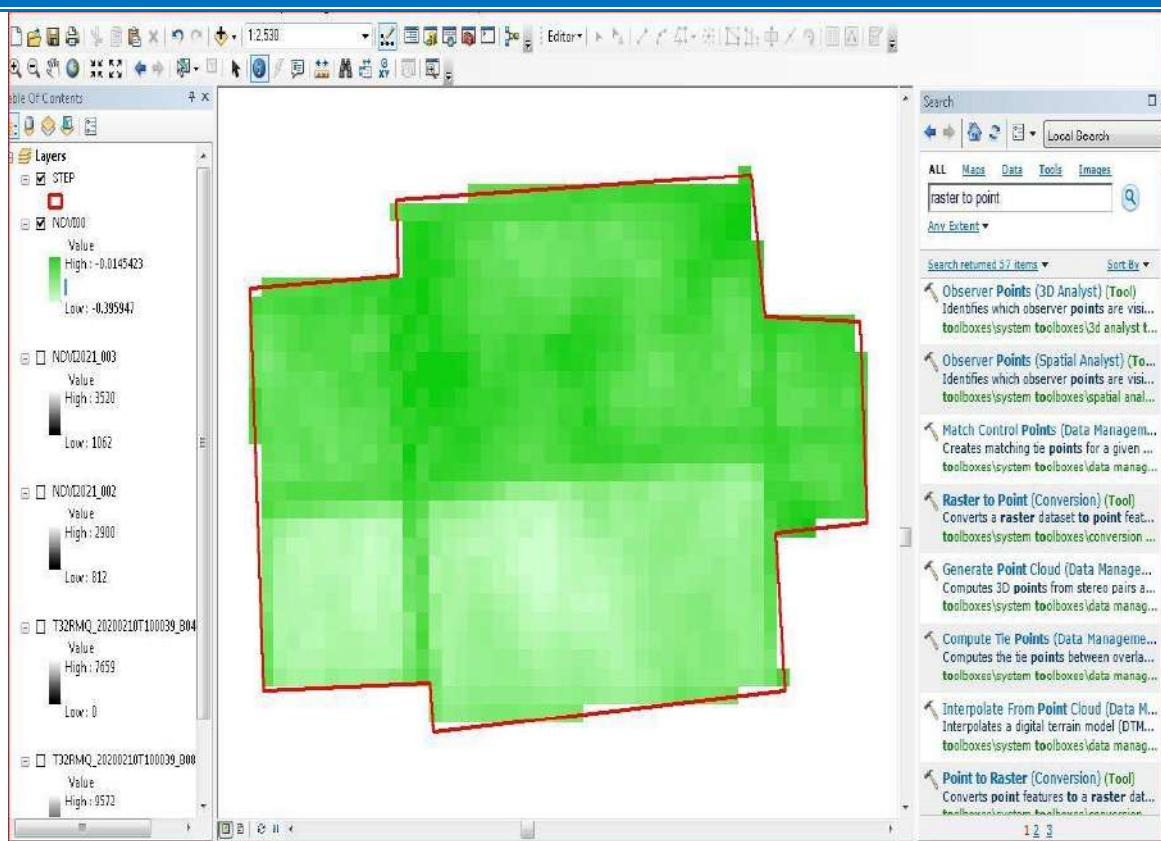


Figure N°36: raster to point

- Une fenêtre apparaît dans le premier champ nous écrivons N D V I comme indiqué sur la figure 37

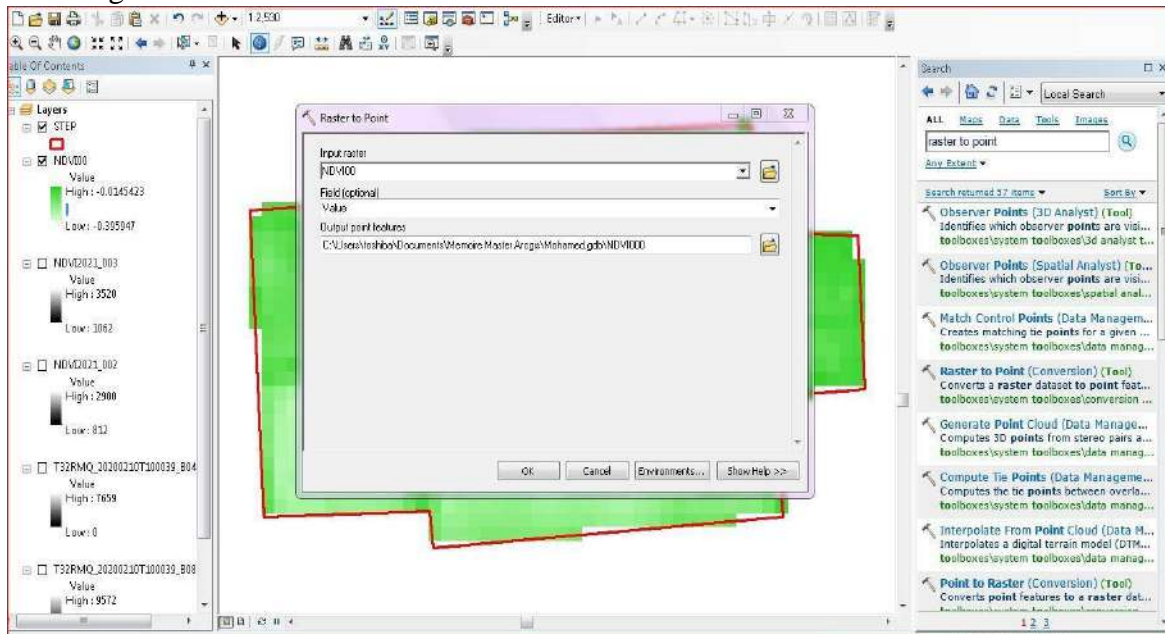


Figure N°37 : raster to point (conversion)

- On clique sur l'indicateur de végétation, un groupe d'options apparaît, on clique sur OPEN ATTRIBUTE TABLE, voir figure 38
- Un tableau nous apparaît pour collecter une colonne GRID\_CODE.

- Enfin, nous obtenons un graphique, voir figure 39.

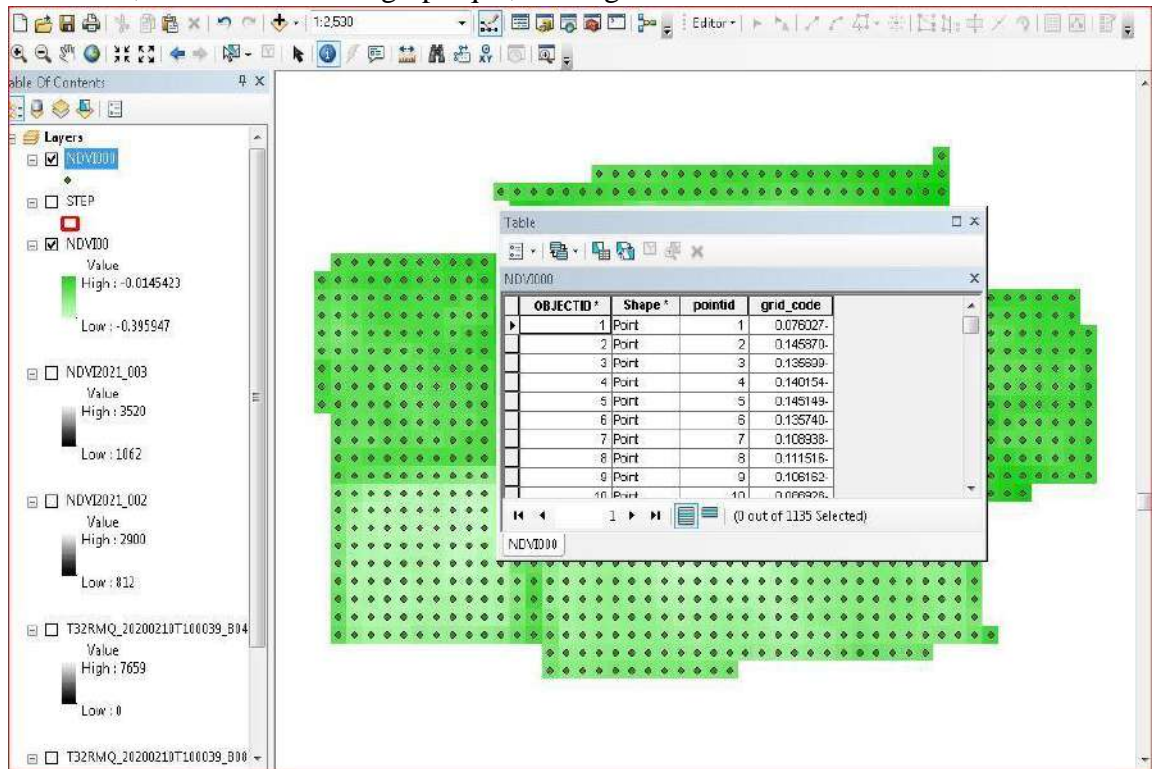


Figure N°38: collection de valeurs NDVI

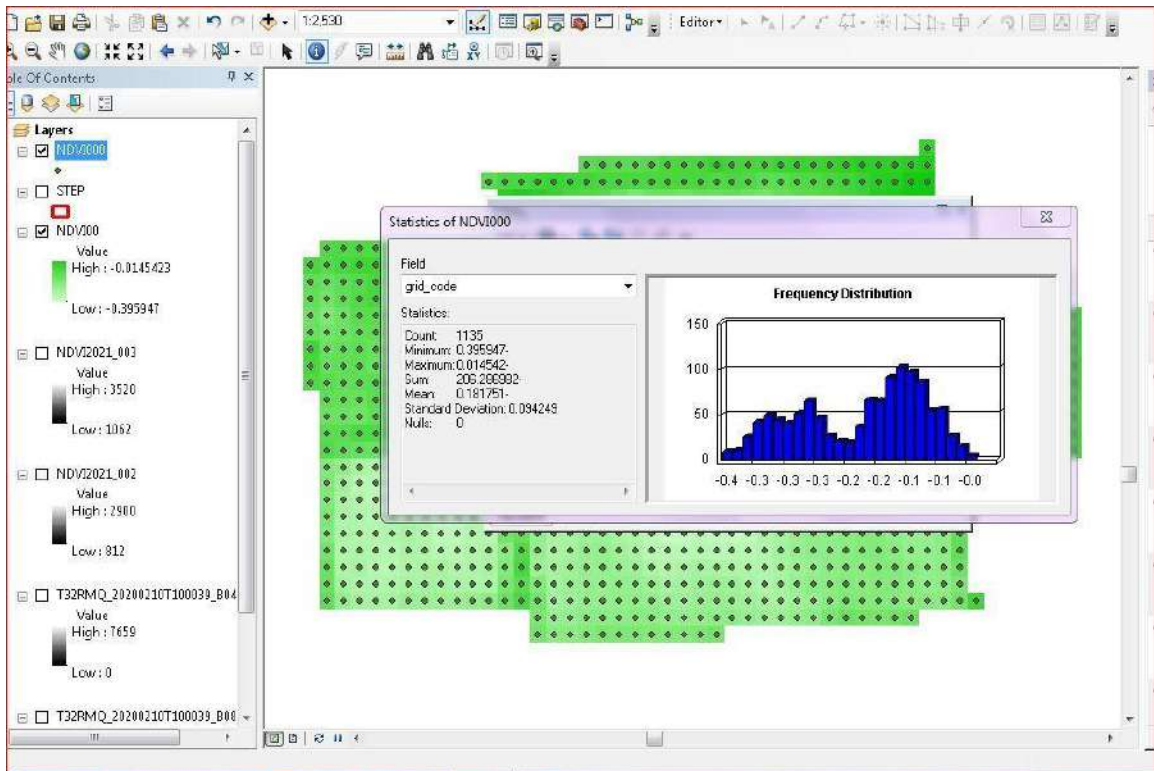


Figure N°39: courbe et les valeurs obtenues

Enfin, on obtient une valeur Maxe De la même manière et avec les mémés étapes on calcule NDTI et NDCI

# **Chapitre V**

## **Résultats et Discussion**

## V.1 Caractérisation des eaux usées.

### V.1.1. Statistiques Descriptives

Le tableau suivant présente une description statistique des données collectées de la STEP d'ILLIZI, ou des commentaires plus détaillés seront présentés dans les sections suivantes.

Tableau N°V-4 : Statistiques descriptives des données de la STEP ILLIZI.

Type	Variable	Count	N*	Minimum	Mean	Median	Maximum	StDev
Volumique	Qe	39	0	130	3329	3629	4873	1059
	Qs	39	0	0	2741	2705	4561	1176
Physique	pHe	39	0	6.9722	7.5353	7.52	8.42	0.3548
	pHs	39	0	6.02	8.1978	8.3786	9.48	0.5959
	Te	39	0	19.162	26.479	26.03	34.9	4.396
	Ts	39	0	13.17	20.837	20.6	27.83	4.029
	CEe	39	0	1067	1476.1	1497	1705.8	125.9
	CEs	39	0	1353.2	1629.2	1592.6	2277.1	180.5
	O2e	39	0	0.29	1.391	1.361	2.877	0.733
	O2s	39	0	0.15	6.205	5.406	15.65	3.749
Chimique	DCOe	39	0	83	308.2	310.5	503	88.9
	DCOs	39	0	62.7	196	173.5	514	90.3
	DBO5e	39	11	41	120.98	113	225	48.68
	DBO5s	39	11	20.83	48.47	45.74	134.5	23.76
	MESe	39	0	17.5	226.9	227.5	861.8	139.1
	MESs	39	0	38	97.71	87.5	281.67	52.46
	NTe	39	0	27.3	49.34	49.1	69.28	7.49
	NTs	39	2	12.9	31.63	29.7	56.55	11.46
	PTe	39	0	2.42	5.631	5.54	9.27	2.172
	PTs	39	2	2	2.914	2.72	4.69	0.699
Rendement	DCO%	39	1	-321.08%	32.03%	47.29%	78.60%	43.60%
	BDO5%	39	12	-86.81%	53.08%	60.69%	86.18%	36.90%
	MES%	39	2	-394.00%	30.80%	60.90%	89.40%	104.70%
	NT%	39	2	-60.54%	36.64%	40.87%	73.07%	24.03%
	PT%	39	2	-24.53%	40.30%	51.28%	74.41%	28.64%

## V.1.2. Variation de DCO.

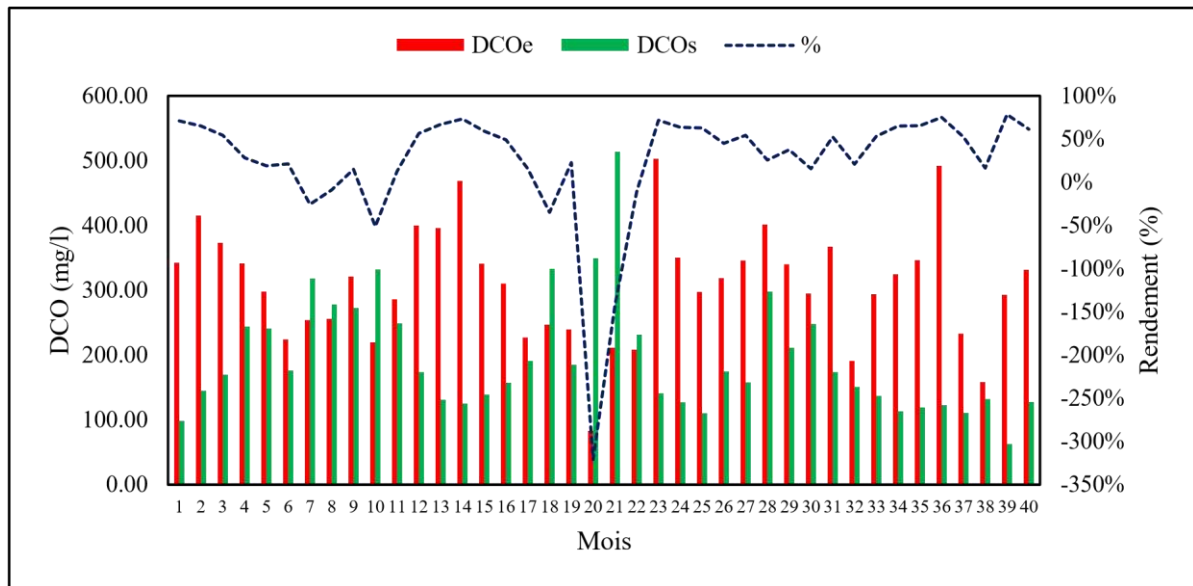


Figure N°40: Variation de DCO.

La figure 40 présente les valeurs de la demande chimique en oxygène (DCO) au niveau de l'entrée et de la sortie de la station d'épuration d'Illizi. Où, les concentrations de DCO à l'entrée et à la sortie sont présentées par des barres rouge et vert respectivement, dans le même graphe, la variation de rendement d'élimination de DCO est présentée par une ligne bleue.

D'après la figure N°40, on peut remarquer que les rendements de DCO ont une valeur médiane de 47,29% avec des valeurs extrêmes égales à -321,08% (valeur minimum) et 78,60% (valeur maximale). L'extrémité inférieure (valeur min) a été enregistrée en 08-2021, cette valeur peut être justifiée par deux causes principales qui sont la diminution de la valeur de débit à l'entrée de la station durant la même période ainsi que le caractère climatique du mois (une intensité lumineuse très élevée), une deuxième remarque c'est la présence d'une variation saisonnière des rendements ou les meilleurs rendements ont été enregistrés en hiver, par contre les mois d'été, printemps et Automne enregistrent de remarquables abattements des rendements à cause des vents de sable et l'intensité lumineuse très élevée durant ces mois. En plus de ça, un facteur d'exploitation présent dans l'état de la station de pompage qui alimente la STEP par les eaux usées brutes joue un rôle très important dans la conservation des rendements de la STEP, ou on peut voir une stabilisation significative après le mois 11/2021 où la station de pompage a été rénovée.

## V.1.3. Rendement DBO5.

Les rendements DBO5 avaient une valeur médiane de 60,69 %, selon le graphique N°41, avec des valeurs extrêmes de -86,81 % (valeur la plus basse) et 86,18 % (valeur la plus élevée). L'extrémité inférieure (valeur min) a été enregistrée en 04-2022, et cette valeur peut s'expliquer par deux facteurs principaux, à savoir la réduction de la charge en DBO5 à l'entrée de la station au cours de la même période et les mois de caractère climatique (une tempête de sable). Une autre observation est l'existence d'une variation saisonnière des rendements, les rendements les plus élevés étant enregistrés en hiver tandis que les mois d'été, de printemps et d'automne ont enregistré des baisses de rendement importantes en raison de la tempête de sable. De plus, un fonctionnement Il peut même y avoir une stabilisation considérable après le mois 11/2021 où la station de pompage a été réparée, mais un facteur de fonctionnement présent dans l'état de la

station de pompage qui alimente la station d'épuration en eaux usées brutes joue un rôle tout à fait essentiel dans la conservation des rendements de la station d'épuration.

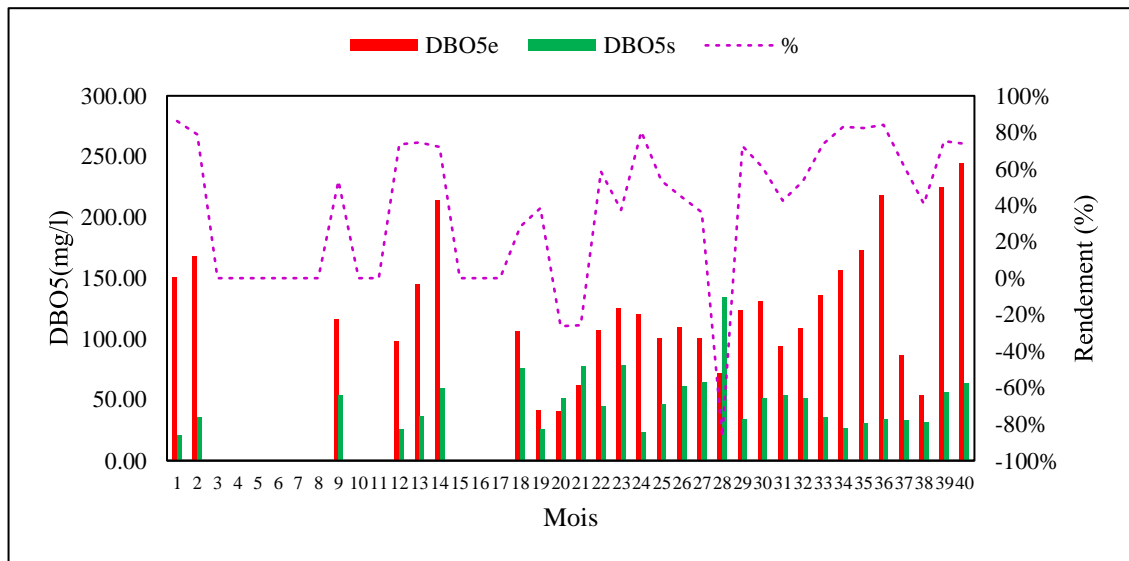


Figure N°41 : Rendement de DBO5.

V.1.4. Rendement MES.

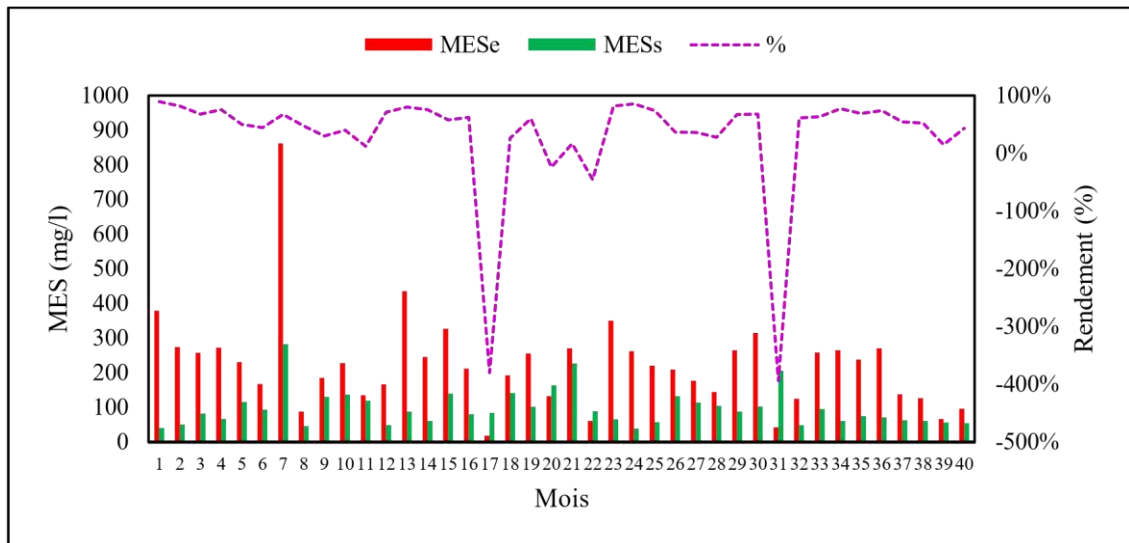


Figure N°42: Rendement MES

La valeur médiane des retours MES est de 60,90 %, selon la figure 42, avec des valeurs extrêmes égales à -394,00% (valeur la plus basse) et 89,40% (valeur la plus élevée). L'extrémité inférieure (valeur min) a été enregistrée en 05-2021, et cette valeur peut s'expliquer par deux facteurs principaux, à savoir la réduction de la charge en DBO5 à l'entrée de la station au cours de la même période et les mois de caractère climatique (une tempête de sable). Une autre observation est l'existence d'une variation saisonnière des rendements, les rendements les plus élevés étant enregistrés en hiver tandis que les mois d'été, de printemps et d'automne ont enregistré des baisses de rendement importantes en raison de la tempête de sable. De plus, une variable d'exploitation L'état de la station de pompage des eaux usées brutes, qui fournit à la STEP ses eaux usées brutes, est un facteur clé pour préserver les rendements de la STEP, voire parvenir

à une stabilisation importante. Une fois la station de pompage réparée ou après le mois de novembre 2021.

**V.1.5. Rendement NT.**

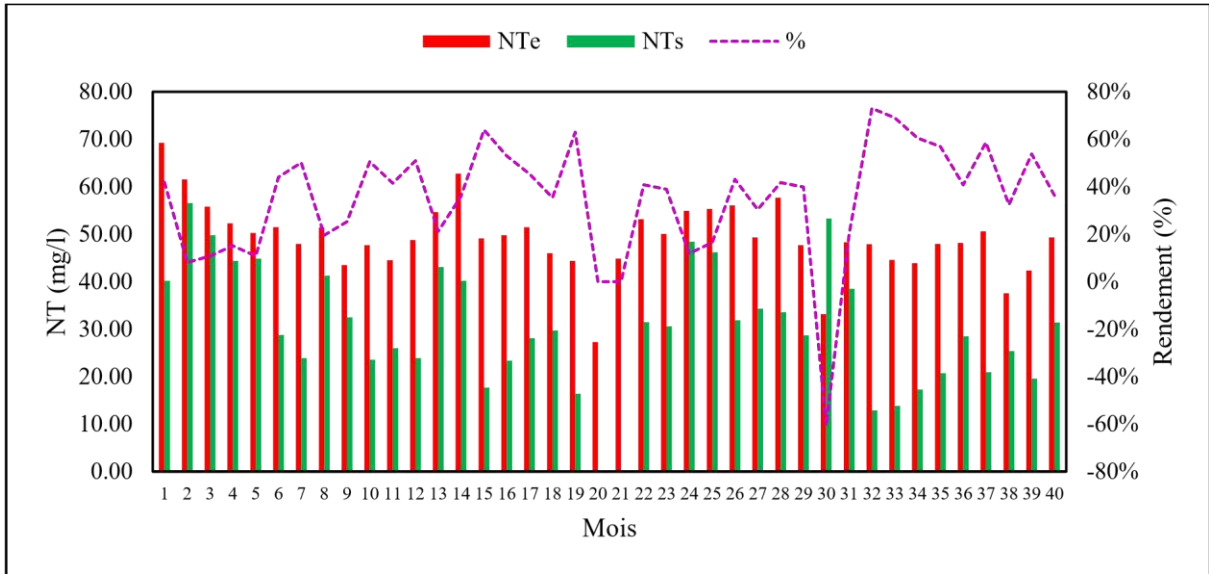


Figure N°43:Rendement NT

Le rendement médian sur NT est de 40,87 %, avec des valeurs extrêmes égales à -60,54 % (valeur la plus basse) et 73,07 % (valeur la plus élevée), comme on peut le voir dans le graphique N°43. L'extrémité inférieure (valeur min) a été enregistrée en 04-2022, et cette valeur peut être expliquée à l'aide de deux facteurs principaux, à savoir la réduction de la charge en DBO5 à l'entrée de la station au cours de la même période et les mois de caractère climatique (une tempête de sable). Une autre constatation est l'existence d'une variation saisonnière des rendements, les rendements les plus élevés étant enregistrés en hiver tandis que les mois d'été, de printemps et d'automne ont enregistré des baisses de rendement importantes en raison de la tempête de sable. De plus, l'état de la station de pompage qui alimente la station d'épuration en eaux usées brutes est un effet nécessaire pour préserver les rendements de la station d'épuration, ou peut-être obtenir une stabilisation considérable. Après novembre 2021 ou dès que la station de pompage est réparée.

**V.1.6. Rendement PT.**

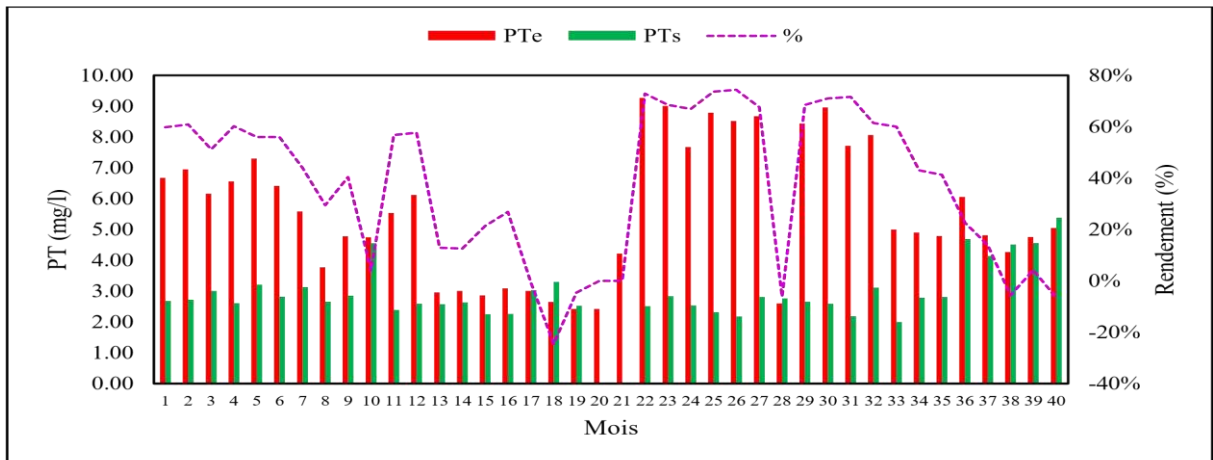


Figure N°44: Rendement PT.



Comme on peut le voir sur le graphique N°44, les rendements sur PT ont une valeur médiane de 51,28 % et des valeurs extrêmes de -24,53 % (valeur la plus basse) et 74,41 % (valeur la plus élevée). L'extrémité inférieure (valeur min) a été enregistrée en 04-2022, et cette valeur peut être justifiée par deux causes principales, à savoir la diminution de la charge en DBO5 à l'entrée de la station au cours de la même période et les mois de caractère climatique (une tempête de sable). Une autre observation est l'existence d'une variation saisonnière des rendements, avec les rendements les plus élevés enregistrés en hiver et des réductions de rendement importantes dans les mois d'été, de printemps et d'automne en raison des tempêtes de sable. Ensuite, il y a aussi, Un facteur d'exploitation qui existe dans l'état de la station de pompage et qui fournit à la STEP des eaux usées brutes est crucial pour préserver les rendements de la STEP ou même obtenir une stabilisation considérable. Une fois la station de pompage réparée ou après le mois de novembre 2021.

## V.2. Modélisation par les méthodes d'apprentissage automatique.

L'application des modèles d'apprentissage automatique est dernièrement très utilisée dans le domaine de qualité des eaux superficiel et souterraines. Dans ce travail, l'application de ce genre des modèles consiste à trouver une relation entre les indices extrait a partir des images satellitaire et les analyses des eaux épuré au niveau de la sortie de la STEP.

Pour achevies cet objective, trois indices de télédétection ont été cible, l'indice normaliser de la déférence de végétation (NDVI), l'indice normaliser de la déférence de turbidité (NDTI) et l'indice normaliser de la déférence de chlorophylle (NDCI). La sélection de ces trois indices spécialement a été faite à la base de principe de fonctionnement de la STEP ou la couleur verte présenter au niveau des bassin facultative et de maturation considérer comme un indice de présence des algues et aussi un indice de bon rendement de la STEP. Donc, trois relations probables a la base des trois hypothèses ont été suggérera :

- Le taux de présence des Algues peut être détecté comme une couverture végétale par le NDVI.
- La présence des algues affect la turbidité de l'eau qui peut être détecté par le NDTI.
- Le NDCI liées directement à la présence des algues.

Les résultats extraits des indices de télédétection sont présentés dans le tableau suivant :

Table N°V-5: Statique descriptives des indices de télédetections sur la STEP ILLIZI.

Type	Variable	Count	N*	Minimum	Mean	Median	Maximum	StDev
Télédétection	NDVI	39	0	0.0241	0.2222	0.1284	0.7285	0.1881
	NDTI	39	0	-0.639	-0.0423	-0.0274	0.4697	0.2185
	NDCI	39	0	0.0222	0.2448	0.1525	0.6956	0.1814

Dans l'autre côté, les paramètres à modéliser ont été sélection à la base des critères suivants :

- Le paramètre modéliser doit être difficile à analyser.

- Le paramètre modéliser doit avoir une base de la donnée complète durant notre période d'étude.
- Le paramètre modéliser doit être un paramètre qualitatif.

L'application de ces critères nous permet de sélectionner le Demande Chimique en Oxygène (DCO), l'Azote total (N totale) et le phosphore total (P total) comme des paramètres à modéliser.

### V.2.1. Modèle de la régression linéaire multiple (RLM).

L'analyse de régression multilinéaire est considérée comme l'un des modèles mathématiques les plus simples. Il est basé sur les relations linéaires entre les entrées et les sorties. En d'autres termes, il extrait les relations linéaires entre les variables dépendantes et indépendantes en impliquant une régression constante dans la formule (Sihag et al. 2020). Le modèle RLM est basé sur l'équation ci-dessous :

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_ix_i \text{ Où}$$

Y : la variable indépendante.

B : la constante de régression.

X : le  $i^{\text{ème}}$  prédicteur.

Dans ce cas on a appliqué ce modèle entre les entrées (NDVI, NDTI et NDCI) et les variables de sortie (DCO, NT et PT).

Les statistiques des modèles de régression sont présentées dans le tableau suivant :

Table N°V-6 : Statistiques de modèle de régression linéaire multiple.

Paramètre	DCO	NT	PT
<b>r</b>	0.06	0.27	0.30
<b>R<sup>2</sup></b>	0.004	0.07	0.09
<b>R<sup>2</sup> ajuster</b>	-0.11	-0.03	-0.01
<b>Erreur standard</b>	94.94	10.84	0.45
<b>Observations</b>	31	31	31

Les formules mathématiques extraites à partir des modèles de régression trouvée comme suite :

$$\text{DCO} = 216.56 + 68.77 (\text{NDVI}) - 14.80 (\text{NDTI}) - 67.76 (\text{NDCI}).$$

$$\text{NT} = 32.03 - 13.56 (\text{NDVI}) + 11.30 (\text{NDTI}) + 21.70 (\text{NDCI}).$$

$$\text{PT} = 2.58 - 1.26 (\text{NDVI}) + 0.36 (\text{NDTI}) + 1.70 (\text{NDCI}).$$

La présentation des nuages des points entre les concentrations actuelles (réel) et les concentrations prédites durant les périodes d'étalonnage et de test sont présentés dans les figures 45 et 46.

D'après les figures 45 et 46 on constate que les coefficients de détermination des courbes de tendance entre les valeurs réelles (actuelles) et les valeurs prédites sont très faibles (moins de

0.1) ce qui indique que le modèle de la régression linéaire multiple n'est pas capable de trouver une relation entre les entrées (NDVI, NDTI et NDCI) et le paramètre de sortie (DCO, NT et PT). La mauvaise performance de modèle linéaire nous encourage à appliquer des modèles plus complexes tels que le modèle de l'Arbre Aléatoire et le modèle des Forêts Aléatoire qui sont classer comme des modèles d'apprentissage automatique.

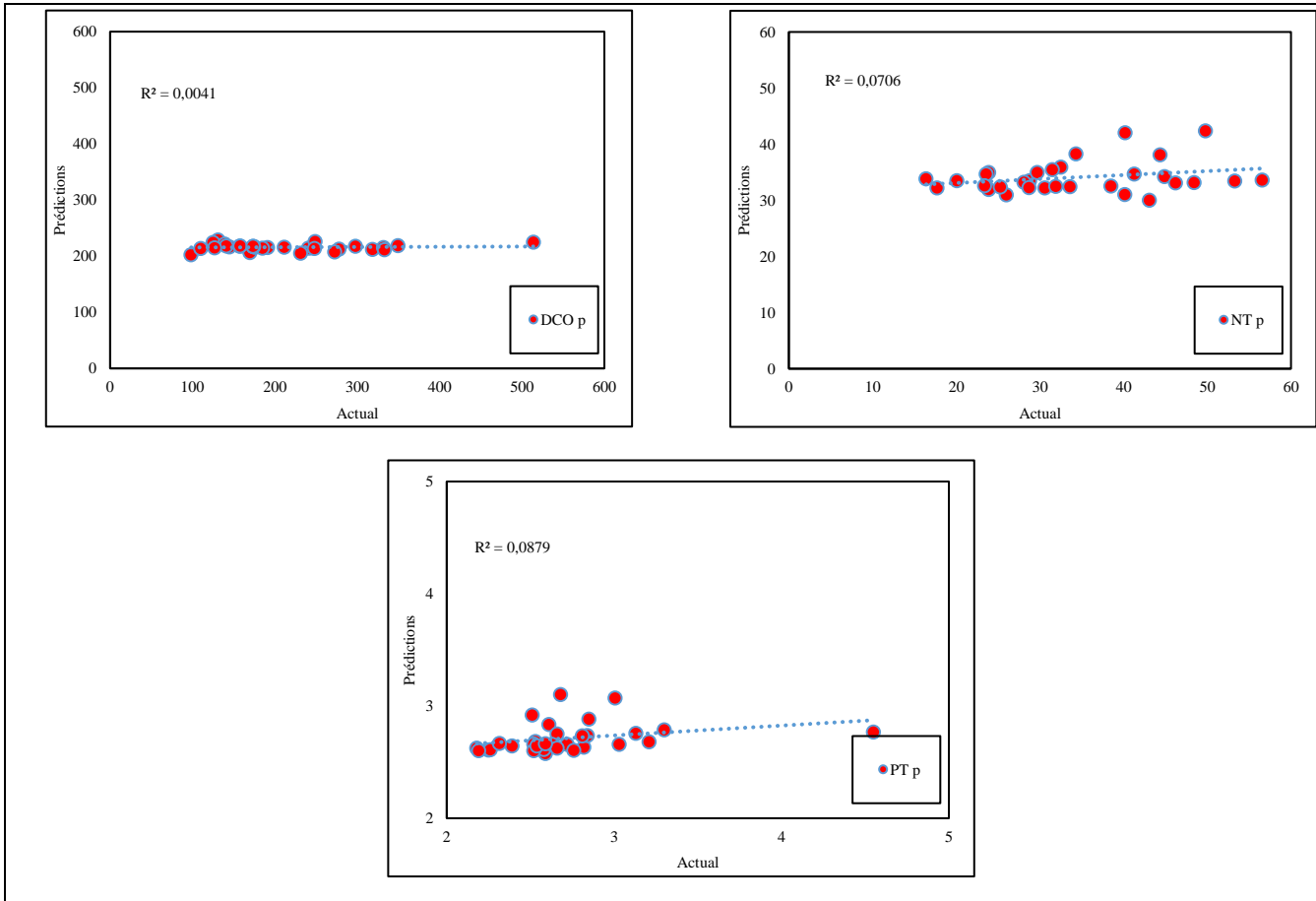
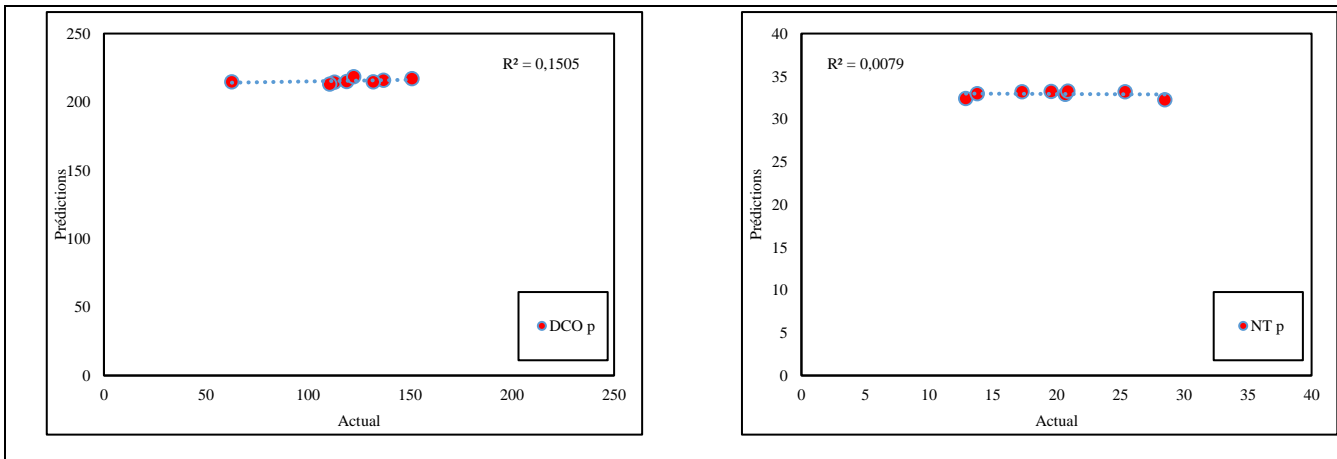


Figure N°45 : nuage des points de modèles RLM durant l'étalonnage.



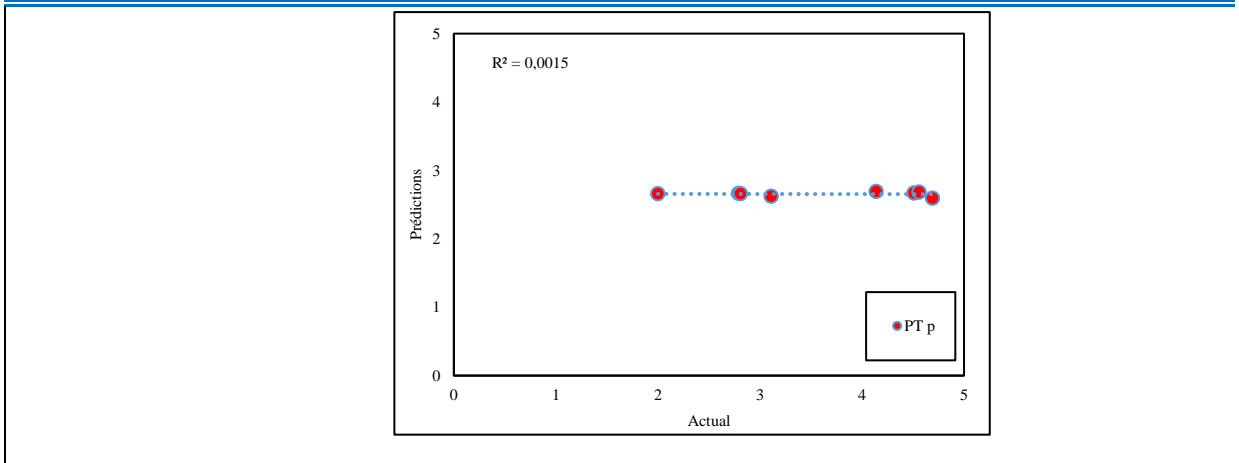


Figure N°46 : nuage des points de modèles RLM durant le test.

V.2.2 Modèle de l'Arbre Aléatoire (Random tree)

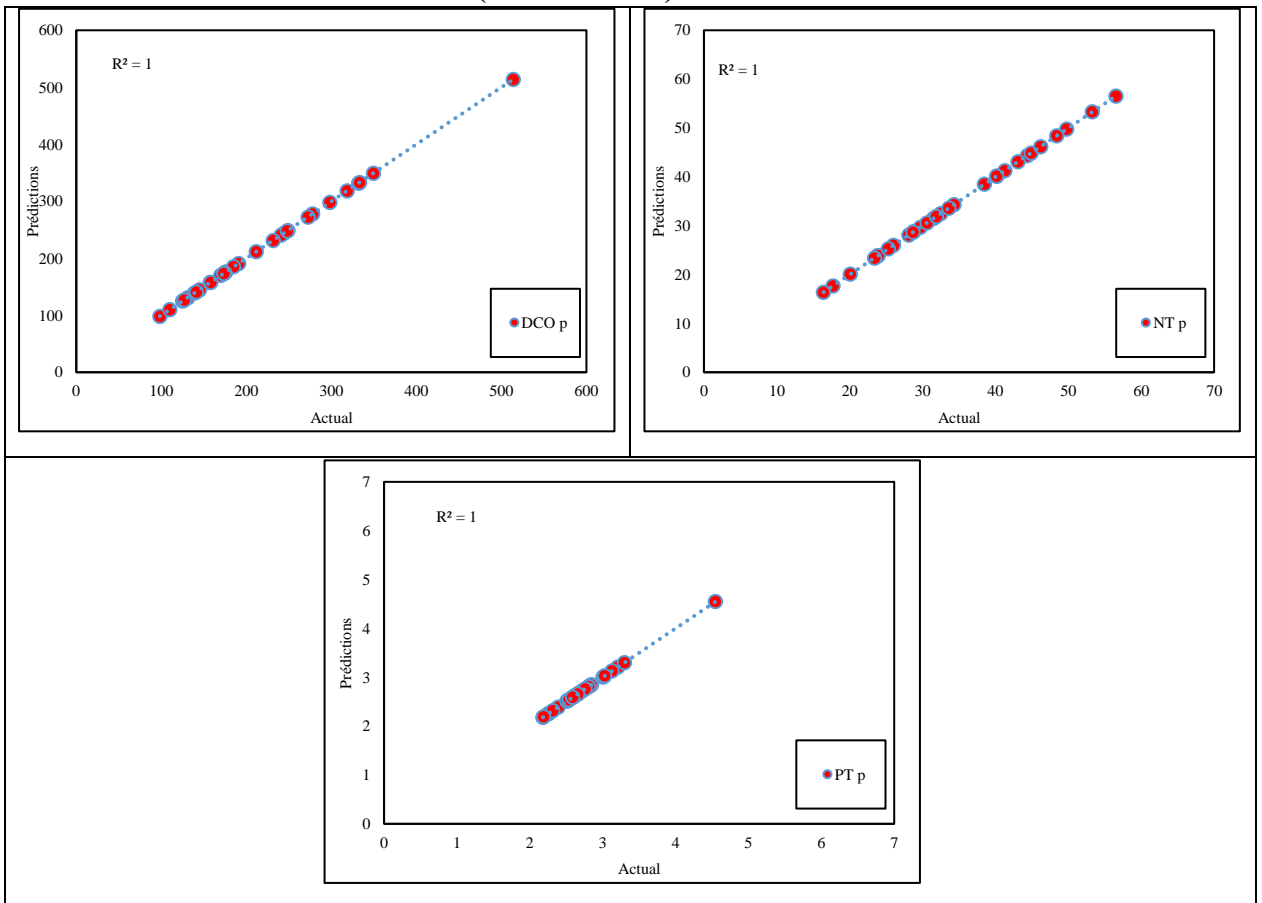


Figure N°47 : nuage des points de modèles RT durant l'étalonnage.

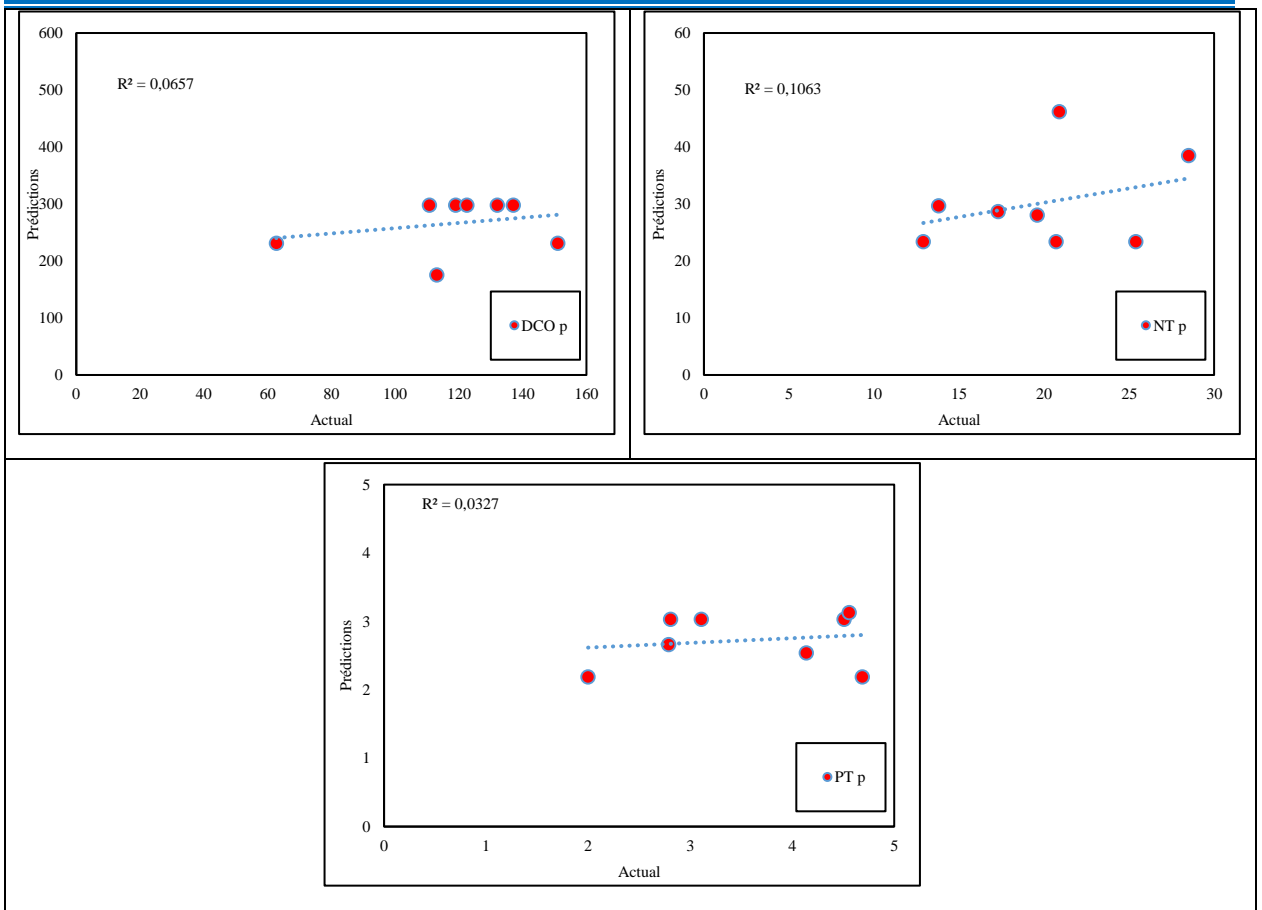
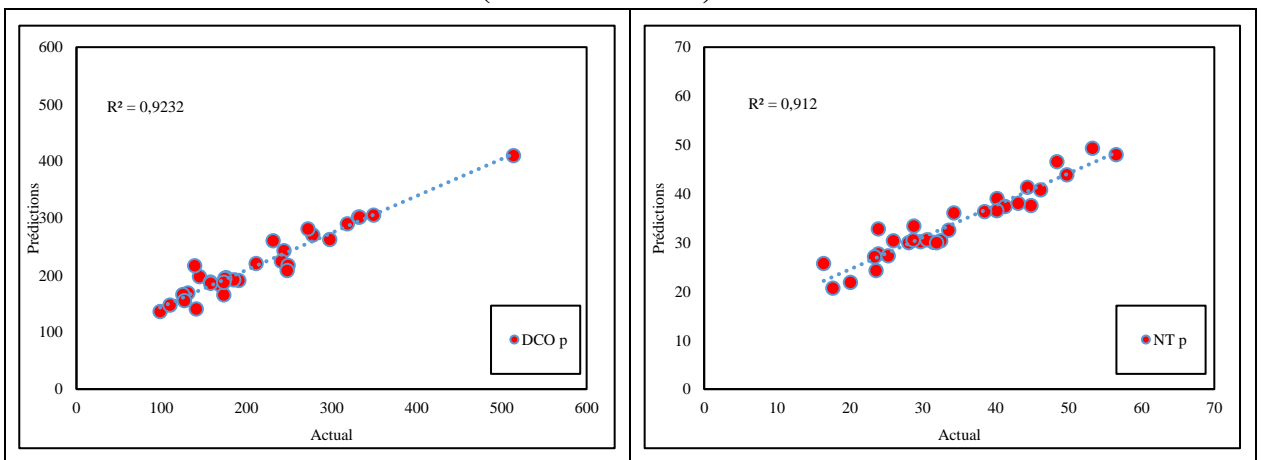


Figure N°48 : nuage des points de modèles RT durant le test.

Les résultats de modèle de modèle de l'Arbre aléatoire sont présentés dans les figures 47 et figure 48, où nous constatons une performance optimale durant la période d'étalonnage avec un coefficient de détermination égale à 1 pour les trois paramètres DCO, NT et PT. Cependant, on remarque une diminution considérable durant la période de test où on a marqué des coefficients de détermination égale 0.256, 0.326 et 0.18 pour la DCO, NT et PT respectivement. Cette diminution de performance indique que le modèle n'est pas capable de faire des prédictions hors gamme d'étalonnage, ce résultat justifié par le nombre limité des mois utilisés.

**V.2.3. Modèle des Forêts Aléatoire (Random Forest)**



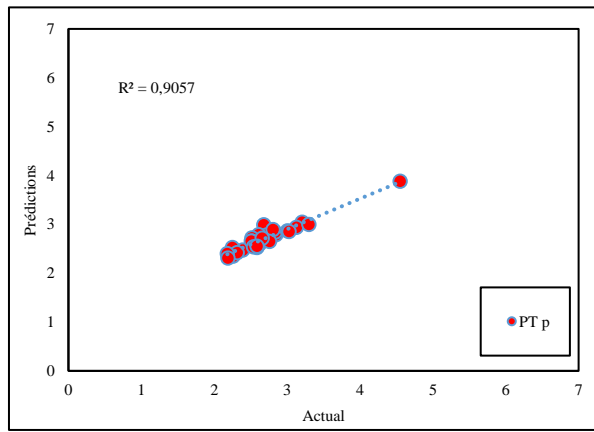


Figure N°49 : Nuage des points de modèles RF durant l'étalonnage.

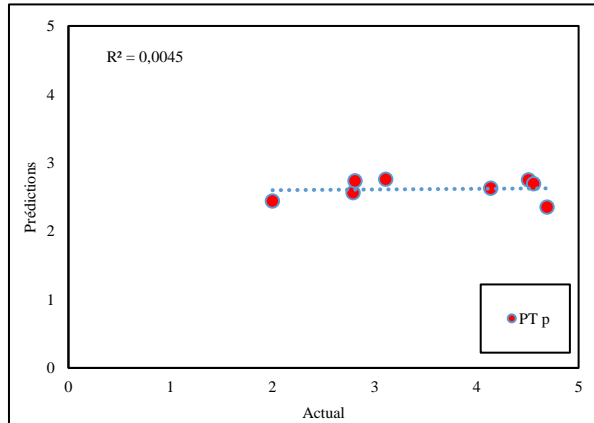
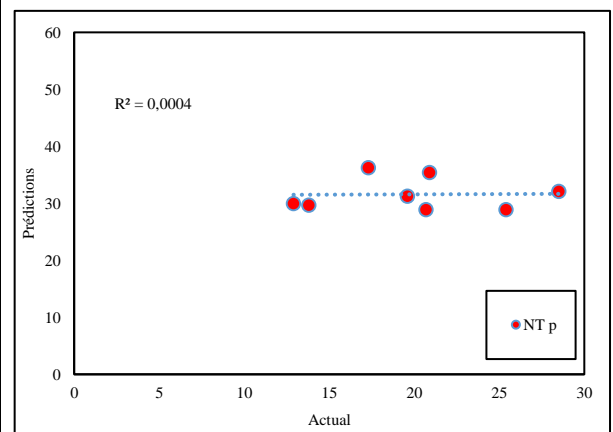
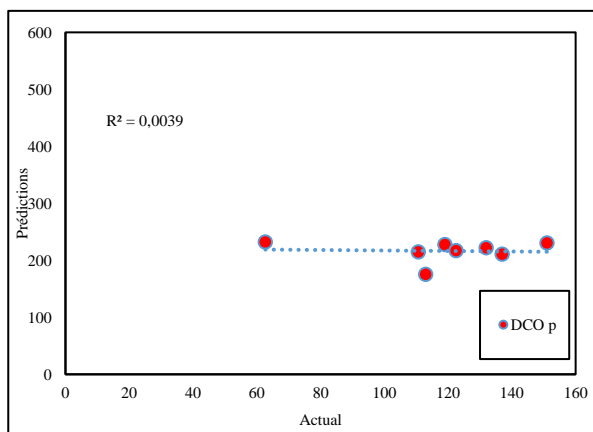


Figure N°50 : Nuage des points de modèles RF durant le test.

Les figures 49 et 50 présentés les résultats de modèle des Forêts aléatoire, ou nous constants une forte corrélation entre les valeurs réelles et les valeurs obtenir par le modèle, ou les coefficients de détermination durant la période d'étalonnage atteindre  $r_{DCO} = 0.96$ ,  $r_{NT} = 0.954$  et  $r_{PT} = 0.952$ . Mais la même remarque a été trouver durant la période de test ou des male prédictions ont été enregistré par les modèles développer ou les valeurs de coefficients de détermination trouver comme suite  $r_{DCO} = 0.062$ ,  $r_{NT} = 0.02$  et  $r_{PT} = 0.067$ .

---

## **CONCLUSION GENERALE**

---

## Conclusion générale

L'objectif de ce travail était d'évaluer les rendements de la station d'épuration d'Illizi et d'élaborer des modèles prédictifs aide à l'estimation des paramètres chimiques au niveau de la sortie de la station (eaux épurer) en utilisons les donner extrait des images satellitaires (NDVI, NDTI et NDCI) comme prédicteurs de qualité des eaux épurer.

L'importance de ce sujet été plus justifier après la consultation de la base des données collecter qui contient les analyses physique et chimique de la STEP ou on a constaté des lacunes de quelques paramètres ( $\text{DBO}_5$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , NTK,  $\text{NH}_4^+$ ) durant des périodes dépasser les cinqes mois. Le manque des produites chimique utiliser pour analyser les échantillons, la difficulté de réparer les instruments de mesure et le cout élever des analyses nous encourager pour tester la possibilité de développer des modèles prédictifs comme une solution alternative pour un suivre durable de qualité des eaux épurer.

Avant le démarrage de la réalisation des taches associer au objectives de mémoire, et vue que ce sujet nécessite l'intégration des méthodes et des techniques hors domaines de traitement et épuration des eaux, on a choisi de commencer par deux chapitres contient l'aspect théorique lier au travail, ou le premier chapitre contient des détails sur les types des stations d'épuration par lagunage et leur principe de fonctionnement. Dans l'autre côté, le deuxième chapitre contient des généralités sur les techniques de télédétection et les systèmes d'information géographique.

Pour extrait les informations nécessaires pour cette étude depuis le radar, on a procédé à télécharger des images satellitaires couvrent la zone d'étude avec une résolution de 10 mètres. Ces derniers ont été téléchargé depuis la plateforme COPERNICUS, exactement de radar SENTINEL 2, qui offres des images satellitaires correspond à notre objectives.

L'analyse des donner de surveillance mensuel de la STEP d'Illizi montre que le système de lagunage naturel est très sensible aux facteurs climatiques tels que le vent de sable, l'intensité lumineuse et l'évaporation. Aussi, la station d'ILLIZI reçoit les eaux usées brute par des stations de pompage ce qui influer leur rendement en cas de présence des problèmes au niveau de ces stations.

La partie modélisation dans cette mémoire comprend trois type des modèles (RLM, RT et RF) pour modéliser trois paramètre (DCO, NT et PT), ls résultats montre que le modèle RLM été le plus faible est n'a était pas capable de trouver une relation entre les indices spectrales (NDVI, NDTI et NDCI) et les paramètre modéliser (DCO, NT et PT), dans l'autre côté, le modèle RT montre des estimations optimale durant la période d'étalonnage ou on a enregistrer des valeur de coefficient de détermination égale a 1, par contre le modèle n'a pas état capable de prédire correctement les échantillons réserver pour la période de test. La même remarque était observée durant le lancement de modèle RF. Cette performance fiable par les différents modèles peut être justifiée par la taille de la série de l'analyse utilisée (31 mois pour étalonnage).



---

---

## Références Bibliographiques :

- Agence de l'Eau Seine-Normandie (1993), Guides des procédés épuratoires intensifs proposés aux petites collectivités.
  - Armstrong, 1979. Aeration in higher plants, Adv. in Bot. Res. 4, 332-445.
  - CTGREF, 1979. Étude inter agences « lagunage naturel et lagunage aéré procédés d'épuration Des petite collectivités, 341.1.79 LA-1221.ISN.
  - CARTOGRAPHIE DU RISQUE D'INONDATION PAR UNE APPROCHE COUPLÉE DE LA TÉLÉDÉTECTION ET DES SYSTÈMES D'INFORMATIONS GÉOGRAPHIQUES (SIG) DANS LE DÉPARTEMENT DE SINFRA (CENTRE-OUEST DE LA COTE D'IVOIRE) ; PDF.
  - Eibe Frank (2014). Fully supervised training of Gaussian radial basis function networks in WEKA. Département of Computer Science, Université of Waikato.
  - FNDAE, 1985. L'exploitation des lagunes naturelles – guide technique à l'usage des petites collectivités.
  - FNDAE, 1997. Fiches d'épuration adoptée aux petites collectivités.
  - FNDAE, 2002. Stations d'épuration : dispositions constrictives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation.
  - FNDAE, 2005. Dysfonctionnement biologique des stations d'épuration : origines et solutions.
  - F.Bonn and G.Rochon. 'Précise de télédétection : principe et méthode'. Presses de l'Université du Québec 2875, 1996.
  - Gaudy, A. F., Jr., and E. T. Gaudy. (1980). Microbiology for Environmental Scientists and Engineers, Mc Graw Hill, New York, NY.
  - jean paul l. david s. ; Télédétection.
  - KOUADRI, SABER. Etude hydro-chimique et modélisation de la qualité des eaux souterraines (Cas de la Wilaya d'ILLIZI). Diss. Université KASDI-MERBAH Ouargla, 2022. (Chapitre 4), page (40-54-55-56)
  - La note informative de marché de la STEP d'illizi.
  - OFFICE NATIONAL D'ASSAINISSEMENT (ONA) « réalisation de la station D'épuration Des eaux usées par lagunage naturel de la ville d'illizi wilaya d'illizi »
  - Racault Y. et al. (1997), Le lagunage naturel : les leçons tirées de 15 ans de pratique en France, CEMAGREF, SATESE, ENSP, Agences de l'Eau.
  - Vami Herman N. Bachir S. Soulèye W. Djagoua E. Fernand K. Kouadio A.
-