

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



Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques

Filière : Sciences Agronomiques

Option : Systèmes de production agroécologique

Mémoire de fin d'études :

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Sciences Agronomiques

Thème :

**Etude de l'impact de l'utilisation des intrants agricoles
chimiques sur les ressources hydriques dans la région de
Skikda.**

Présenté par :

BOULFOUL Bassma

CHETTOUM Afnane

ZAGHBIB Hadjer

Membres de Jury :

M^{me} : GUERRAD Chahrazed	(MCB)	Présidente	Université du 20 Août 1955 – Skikda
M^{me} : GHOUAR Wassila	(MAA)	Examinatrice	Université du 20 Août 1955 – Skikda
M^{me} : SAYED Ibtissem	(MCB)	Promotrice	Université du 20 Août 1955 – Skikda

Année universitaire : 2023-2024



DEDICACE

Avec un très grand honneur que je dédie ce modeste travail aux personnes les plus chers au monde mes chers parents : Mon père YASSINE qui m'a soutenu pendant toutes mes années d'étude, pour sa confiance et ses sacrifices, et Ma mère WARDA BENAISA qui m'a donnée la tendresse, l'espoir et le courage pour terminer mes études.

A mon cher frère YAHYA et à mes chères sœurs : DOUAA et LOUJAYNE que je leur souhaite la réussite dans leur vie.

A mon fiancé AYMANE qui m'a toujours entouré et motivé sans cesse.

A tous mes amis en souvenir des moments heureux passés ensemble, avec mes vœux sincères de réussite, bonheur, santé et de prospérité.

A toute ma famille. Avec toute mon affection Je dédie ce mémoire.

Besma

DEDICACE

Je dédie ce travail à :

*A mon cher père « Abdelmadjid » pour ses sacrifices pour
me voir réussir,*

*A ma chère mère « Fahima » pour tout le courage et la force
qu'elle m'a donné pour faire ce travail.*

A mes chères sœurs « Sara, Meriem, Chaïma et Nawal »

A mon chère frère « Djamel »

*A ma grande mère « Fatima » A mes neveux « Firas, Sidra,
Chad et A mes chères amies et tous ceux et
celles qui sont chères à mon cœur.*

*A tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, même
avec un mot d'encouragement et de gentillesse.*

A tous mes camarades de promotion « 2024 »

A toutes la famille « ZAGH'BIB »

Hadjer

DEDICACE

إلى كل من عرق جبينه و من علمني أن النجاح لا يأتي إلا بالصبر و الإصرار ،
إلى النور الذي أثار دربي و السراج الذي لا ينطفئ نوره بقلبي أبدا ،
من بدل الغالي و النفيس و استمدت منه قوتي و اعتزازي بذاتي أبي العزيز ،
إلى من جعل الجنة تحت أقدامها و سهلت لي الشدائد بدعائها إلى الإنسانية
العظيمة التي لطالما تمننت أن تقرعينها لرؤيتي في يوم كهذا أمي العزيزة ،
إلى ضلعي الثابت و أمان أيامي من شددت عضي بهم فكانوا ينابيع ارتوي منها
إلى خيرة أيامي و صفوتها إلى قرة عيني إخواني و أخواتي الغالين ،
لكل من كان عوناً و سندا في هذا الطريق للأصدقاء الأوفياء و رفقاء السنين
لأصحاب الشدائد و الأزمات إليكم أهديكم هذا الإنجاز و ثمرة نجاحي
الذي لطالما تمنيته

أفنان

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions Allah tout puissant qui nous a guidé tout au long de notre vie ; qui nous a donné courage et patience pour passer tous les moments difficiles. Il nous a permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre vos mains aujourd'hui.

*Nous tenon à formuler notre gratitude et notre profonde reconnaissance à l'égard de notre promotrice, **M^{me} Sayed Ibtissem** Maître de conférences classe B au département d'Agronomie, Faculté des Sciences, Université de Skikda ; pour sa confiance, sa compréhension, sa disponibilité et d'avoir accepté l'encadrement de ce mémoire en nous prodiguant d'excellentes recommandations et de conseils judicieux.*

*Nous remercions vivement la présidente de jury **M^{me} GUERRAD Chahrazed** Maître de conférences classe B au département d'Agronomie, Faculté des Sciences, Université de Skikda ; qui a accepté de présider le jury et **M^{me} GHOUAR Wassila** Maître-assistant classe A au département d'Agronomie, Faculté des Sciences, Université de Skikda ; qui a accepté de juger ce travail.*

Un grand merci s'adresse au personnel de l'Algérienne des eaux et du laboratoire du complexe Topping de Condensat RA2K à SONATRACH pour leur aide et conseils.

Nous adressons également nos sincères remerciements à Toute personne ayant aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
01	Répartition spatiale des eaux de surface et souterraines en Algérie	19
02	Principaux Oueds exoréiques de l'Algérie du Nord et leurs apports annuels	21
03	Trois grands oueds de la région de Skikda et leurs principaux affluents	26
04	Caractéristiques des 4 barrages fonctionnels de la région de Skikda	26
05	Différentes retenues collinaires dans la région de Skikda et leurs capacités totales	28
06	Effet des engrais sur les végétaux	45
07	Quantité de N, P, K dans les engrais chimiques (engrais minéraux)	46
08	Quantités de N, P, K dans certains engrais organiques	47
09	Mode d'opérateur (DBO ₅)	69
10	Normes Algériennes des eaux superficielles destinées à la potabilisation	75
11	Valeurs du pH des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli	75
12	Valeurs de la CE des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli	76
13	Concentration des chlorures dans les échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli	77
14	Concentration des sulfates dans les échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli	78
15	Concentration des nitrites dans les échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli	78
16	Concentration des nitrates dans les échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli	79
17	Teneur en MES des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli	80
18	DBO ₅ des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli	81
19	DCO des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli	82
20	TA et TAC des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli	83
21	PO ₄ ²⁻ des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli	84
22	Ca ²⁺ des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli	85
23	Mg ²⁺ des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli	85
24	Dureté totale des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli	86
25	Turbidité des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli	86
26	Température des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli	87

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
01	Principaux bassins versants de l'Algérie	18
02	Devenir des pesticides dans l'environnement	44
03	Carte représentant la région de Skikda, ses limitations territoriales et les situations des 4 barrages, 9 oueds et 3 étangs	57
04	Situation géographique du bassin versant de l'oued Guebli	58
05	Situation géographique des points de prélèvement d'eau sur l'oued Guebli	60
06	Multi-paramètre (hach sl 1000)	62
07	Spectrophotomètre (hach DR 2500)	64
08	Réactif Nitri Ver et Spectrophotomètre (DR 2800)	66
09	Réactif Nitra Ver 6	67
10	Protocole et résultat du dosage des chlorures	68
11	Incubateur (Thermostatique (hach BOD))	69
12	Réacteur DRB 200	70
13	Réaction des échantillons après traitement	71
14	Réaction des échantillons après traitement	72
15	Réaction des échantillons après traitement	73
16	Turbidimètre (TL 2300)	73

TABLE DE MATIERES

DEDICACE	
REMERCIEMENTS	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES FIGURES	
TABLE DE MATIERES	
INTRODUCTION GENERALE	15
PREMIERE PARTIE – SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
CHAPTRE I – GENERALITES SUR LES RESSOURCES HYDRIQUES	17
I.1. Ressources en eau en Algérie	17
I.1.1. Ressources en eaux de surface	18
I.1.2. Ressources en eaux souterraines	18
I.1.3. Barrages	19
I.2. Ressources en eau en Algérie du nord	20
I.2.1. Ressources en eau superficielles en Algérie du nord	20
I.2.2. Ressources en eaux souterraines en Algérie du nord	21
I.3. Ressources en eau dans la région de Skikda	22
I.3.1. Systèmes Aquifères	22
I.3.1.1. Plaine de Collo	22
I.3.1.2. Plaine d'Oued Zhour	23
I.3.1.3. Vallée de l'Oued Saf-Saf	23
I.3.1.4. Bassin versant de Kebir Ouest	24
I.3.1.5. Massif dunaire de Guerbez	24
I.3.2. Hydrologie de surface	25
I.3.2.1. Oued Kebir Ouest	25
I.3.2.2. Oued Safsaf	25
I.3.2.3. Oued Guebli	26
I.3.3. Barrages	26
I.3.3.1. Barrage de l'oued Zhor	26
I.3.3.2. Barrage de l'oued Charchar	27
I.3.3.3. Barrage de Ramdane Djamel	27
I.3.3.3.1. Barrage Zerdezaz	27
I.3.3.3.2. Barrage Guenitra	27

1.3.3.3.3. Barrage Béni Zid	27
1.3.3.3.4. Barrage Zit Emba	28
1.3.4. Retenues collinaires	28
CHAPITRE II – POLLUTION DES RESSOURCES HYDRIQUES	29
II.1. Pollution des eaux de surface	30
II.2. Types de pollution	30
II.2.1. Pollution physique	30
II.2.2. Pollution chimique	30
II.2.3. Pollution microbiologique	30
II.3. Eaux usées	31
II.4. Impact sur l'environnement et la santé humaine	31
II.4.1. Sur l'environnement	31
II.4.2. Sur la santé humaine	32
II.5. Evaluation de la qualité des eaux de surface	33
II.5.1. Paramètres physico-chimiques	33
II.5.1.1. Température	33
II.5.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)	33
II.5.1.3. Oxygène dissous	33
II.5.1.4. Turbidité	34
II.5.1.5. Matières en suspension	34
II.5.1.6. Conductivité électrique (CE)	34
II.5.2. Paramètres globaux	34
II.5.2.1. Demande chimique en oxygène (DCO)	34
II.5.2.2. Demande biochimique en oxygène (DBO5)	35
II.5.3. Eléments traces métalliques (ETM)	35
II.5.4. Matière organique dissoute	35
CHAPITRE III – GENERALITES SUR LES INTRANTS AGRICOLES CHIMIQUES	37
III.1. Produits phytosanitaires (Pesticides)	37
III.1.1. Définition	37
III.1.2. Historique	38
III.1.3. Types de pesticides	39
III.1.3.1. Fongicides	39
III.1.3.2. Herbicides	40

III.1.3.3. Insecticides	40
III.1.3.4. Autres familles de pesticides	40
III.1.4. Utilisation des pesticides	41
III.1.4.1. Usage dans le monde	41
III.1.4.2. Usage en Algérie	41
III.1.5. Réglementation en Algérie	41
III.1.6. Ecotoxicité des pesticides	42
III.1.6.1. Impact sur microflore du sol	42
III.1.6.2. Impact sur les oiseaux	42
III.1.6.3. Impact sur les mammifères	43
III.1.6.4. Contamination des eaux	43
III.1.6.5. Contamination de l'air	43
III.1.6.6. Contamination des sols	43
III.1.7. Devenir des pesticides dans l'environnement	44
III.1.7.1. Dispersion	44
III.1.7.2. Dégradation	44
III.2. Fertilisants	45
III.2.1. Définition	45
III.2.2. Classification des engrais	46
III.2.2.1. Selon leur origine	46
A. Engrais chimiques	46
B. Engrais organiques	46
C. Engrais organo-minéraux	47
III.2.2.2. Selon la nature physique	47
III.2.2.3. Selon le nombre d'éléments fertilisants	47
A. Engrais simples	47
B. Engrais composés	48
III.2.2.3. Selon la nature d'éléments majeurs	48
A. Engrais azotés	48
B. Engrais phosphatés	48
C. Engrais potassiques	48
III.2.3. Méthodes d'application des engrais	48
III.2.4. Utilisation des engrais	49
III.2.4.1. Dans le monde	49

III.2.4.2. En Algérie	49
III.2.5. Impact les intrants agricoles sur les ressources hydriques	49
III.2.5.1. Principaux polluants liés à la sur fertilisation minérale et organique	50
A. Nitrate	50
A.1. Définition des nitrates	50
A.2. Sources des nitrates	50
A.3. Transfert des nitrates	50
B. Phosphate	51
B.1. Définition	51
B.2. Sources	51
C. Sulfates et chlorures	51
D. Micropolluants	51
DEUXIEME PARTIE – CONDITIONS DE L’EXPERIMENTATION	
CHAPITRE I – PRESENTATION DE L’ETUDE	
I.1. Problématique	52
I.2. Objet de l’étude	54
I.3. Résultats attendus	55
CHAPITRE II – CADRE GÉOGRAPHIQUE DE L’ÉTUDE	
II.1. Présentation de la région d’étude	56
II.1.1. Situation géographique	56
II.1.2. Géologie et géomorphologie	56
II.1.3. Climat et végétation	56
II.1.4. Réseau hydrographique	57
II.2. Présentation de la zone d’échantillonnage	57
II.2.1. Géologie et géomorphologie	58
II.2.2. Climat et végétation	59
II.3. Présentation des sites de prélèvement des échantillons d’eau	59
II.4. Présentation des stations d’analyse des échantillons d’eau	61
II.4.1. Présentation de la première station- RA2/k de SONATRACH	61
II.4.2. Présentation de la deuxième station -Algérienne Des Eaux (ADE)	61
CHAPITRE III - MÉTHODOLOGIE D’ÉTUDE	
III.1. Prélèvement, conservation et préparation des échantillons d’eau	62
III.1.1. Prélèvement des échantillons d’eau	62
III.1.2. Conservation des échantillons	62

III.1.3. Préparation des échantillons d'eau	62
III.2. Analyses des paramètres physico-chimiques	62
III.2.1. Potentiel hydrique (pH)	62
III.2.2. Conductivité électrique (CE)	63
III.2.3. Dosage des sulfates (SO_4^{2-}) méthode Néphélométrie AFNOR NF T90-040	64
III.2.4. Dosage des nitrites (NO_2^-)	65
III.2.5. Dosage des nitrates (NO_3^-)	66
III.2.6. Dosage des chlorures (Cl^-)	67
III.2.7. Matière en suspension (MES)	68
III.2.8. Demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO_5)	68
III.2.9. Demande chimique en oxygène (DCO)	70
III.2.10. Titre Alcalimétrique simple et complet (TA et TAC)	71
III.2.11. Phosphore (p)	72
III.2.12. Calcium (Ca^{2+})	72
III.2.13 Dureté total (THT) (Titre hydrotimétrique)	73
III.2.14. Turbidité	73
III.2.15. Température (T °C)	74
CHAPITRE IV - RESULTATS ET DISCUSSION	75
IV. 1. Potentiel hydrique (pH)	75
IV.2. Conductivité électrique (CE)	76
IV.3. Dosage des chlorures (Cl^-)	77
IV.4. Dosage des sulfates (SO_4^{2-})	78
IV.5. Dosage des nitrites (NO_2^-)	78
IV.6. Dosage des nitrates (NO_3^-)	79
IV.7. Matières en suspension	80
IV.8. Demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO_5)	81
IV.9. Demande chimique en oxygène (DCO)	82
IV.10. Titre Alcalimétrique simple et complet (TA et TAC)	83
IV.11. Phosphore (PO_4^{2-})	84
IV.12. Calcium (Ca^{2+})	85
IV.13. Magnésium (Mg^{2+})	85
IV.14. Dureté total (THT) (Titre hydrotimétrique)	86
IV.15. Turbidité	86
IV.16. Température (T °C)	87

CONCLUSION GÉNÉRALE	88
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	91

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

L'eau est un élément précieux indispensable à la vie, cette ressource naturelle recouvre les trois quarts de notre planète, avec seulement 0,014% d'eau douce, il s'agit des eaux superficielles (rivières, lacs et étangs). De plus, sa répartition étant non homogène à la surface du globe, cette ressource représente à la fois un enjeu politique, économique et stratégique. En effet, l'eau a un rôle fondamental dans de nombreux domaines comme la potabilisation, l'agriculture, l'industrie, la production d'électricité ainsi que les usages domestiques (**BENKADDOUR, 2018**).

Pendant longtemps l'eau a été considérée comme un bien naturel, un « don du ciel » gratuit, d'exploitation facile, bon marché et pour aussi dire sans valeur. Mais l'évolution spectaculaire que connaît l'environnement urbain et industriel pose dans de nombreux pays le problème de l'eau qui devient de plus en plus inquiétant non seulement si on le considère du point de vue quantité mais encore et d'avantage peut-être sous l'aspect de la qualité.

En effet, la pollution des eaux accidentelle ou volontaire par certains produits chimiques d'origine industrielle (hydrocarbures, phénols, colorants,..) ou agricole (pesticides, engrais,..) constitue une source de dégradation de l'environnement et suscite à l'heure actuelle un intérêt particulier à l'échelle internationale (**MOHEMED BEN ALI, 2015**)

D'après des études récentes réalisées par l'Organisation des Nations Unies (ONU), près de la moitié de la population des pays méditerranéens se trouvera en situation de tension ou de pénurie d'eau en 2025. Aujourd'hui, les ressources en eau sont exposées à diverses pollutions d'origine multiples : industrielle, urbaine et agricole, générant des dommages pour l'homme et pour son environnement (la faune et la flore). Cette menace a déclenché une prise de conscience dans le monde entier, et a poussé les chercheurs à s'intéresser à l'étude de l'état de contamination des milieux aquatiques (**BENKADDOUR, 2018**).

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et de l'agriculture a classé l'Algérie comme l'un des pays semi-arides affectés par le stress hydrique avec un seuil de rareté de 500 m³/hab/an.

Cela est dû à plusieurs facteurs parmi lesquels : les changements climatiques, le manque d'ouvrages d'immobilisation des ressources hydriques, l'altération de la qualité de l'eau des ressources naturelles à cause de la croissance démographique et le développement des activités anthropiques (industrielles, urbaines et agricoles) générant un volume important d'eaux usées non traitées rejetées directement dans le milieu naturel (**BENKADDOUR, 2018**).

La vulnérabilité des eaux souterraines et de surface du côtier constantinois centre (région de Skikda) et plus particulièrement le bassin versant de l'oued Guebli, est liée au contexte industriel, agricole et urbain. Malgré une relative richesse des ressources en eau, la forte croissance économique, la concentration urbaine accélérée et la modernisation de l'agriculture ont entraîné, non seulement, un accroissement considérable des besoins en eau mais aussi un fort degré de pollution.

Cette pollution s'accroît en fonction d'un certain nombre de facteurs, tels que l'emplacement du cours d'eau par rapport aux rejets des eaux usées et l'activité agricole. Plusieurs facteurs conditionnent la progression de cette pollution, comme les concentrations des polluants dans les eaux usées, la nature des sols et la lithologie (**BENRABEH et al., 2013**).

La présente étude vise à déterminer la qualité globale de l'eau de l'oued Guebli dans la région de Skikda afin d'évaluer le degré de pollution de ses eaux en comparant les résultats d'analyses physico-chimiques des échantillons prélevés à différents points de l'oued en question avec les normes internationales pour s'assurer de leur conformité ou non aux valeurs limites.

Ce travail est présenté en deux parties :

- La première partie relative à la recherche bibliographique, comporte des généralités sur les ressources en eau et la pollution des ressources hydriques ; ainsi que le contexte de la présente étude (Problématique, objectifs, cadre géographique, ...).
- La deuxième partie, consacrée à la description de la méthodologie adoptée pour réaliser notre étude et les résultats obtenus ainsi que leur interprétation et discussion.

Première partie
Recherche Bibliographique

Chapitre I
Généralités sur les
ressources hydriques

CHAPITRE I – GENERALITES SUR LES RESSOURCES HYDRIQUES

La ressource hydrique, ou ressource en eau, comprend, au sens large, toutes les eaux accessibles comme ressources, c'est-à-dire utiles et disponibles pour l'être humain, les végétaux qu'il cultive, le bétail qu'il élève et les écosystèmes, à différents points du cycle de l'eau.

Cette ressource est limitée en quantité et en qualité (surtout en zone sèche). Elle est indispensable à la vie et à la plupart des activités humaines, telles que l'agriculture, l'industrie et aux usages domestiques (alimentation en eau potable). Elle est vitale pour le fonctionnement des écosystèmes terrestres.

Elle est localement menacée ou très dégradée par la pollution et l'eutrophisation. Il existe dans un nombre croissant de régions une surexploitation de la ressource ; les détournements ou prélèvements d'eau par pompage et pour l'irrigation sont tels qu'ils dépassent les seuils autorisant le renouvellement et l'autoépuration des masses d'eau superficielles ou des nappes phréatiques.

I.1. Ressources en eau en Algérie

Avec une superficie de 2 381 742 Km², l'Algérie est divisée en 48 Wilayas, dont près de 80% du territoire représente une zone désertique où les précipitations sont quasi nulles et les ressources en eau superficielles sont très faibles et limitées essentiellement à la partie du flanc septentrional de l'Atlas (**KETTAB, 2001 in BOUCHAALA et al., 2017**). Les potentialités hydriques de l'Algérie sont estimées en moyenne à 18 milliards de m³ /an, dont 12.5 milliards de m³ dans les régions Nord (10 milliards de m³ d'écoulements superficiels et 2.5 milliards de m³ de ressources souterraines renouvelables), 5.5 Milliards de m³ dans les régions sahariennes (0.5 milliards m³ d'écoulements superficiels, 5.0 milliards de m³ ressources souterraines fossiles) (**MOZAS et al., 2013 in BOUCHAALA et al., 2017**). Les ressources hydriques algériennes sont renouvelables, 60% pour les eaux de surfaces et 15% pour les eaux souterraines (**CATE, 2000 ; KETTAB, 2001 ; TERRA, 2013 et ADJOU, 2013 in BOUCHAALA et al., 2017**).

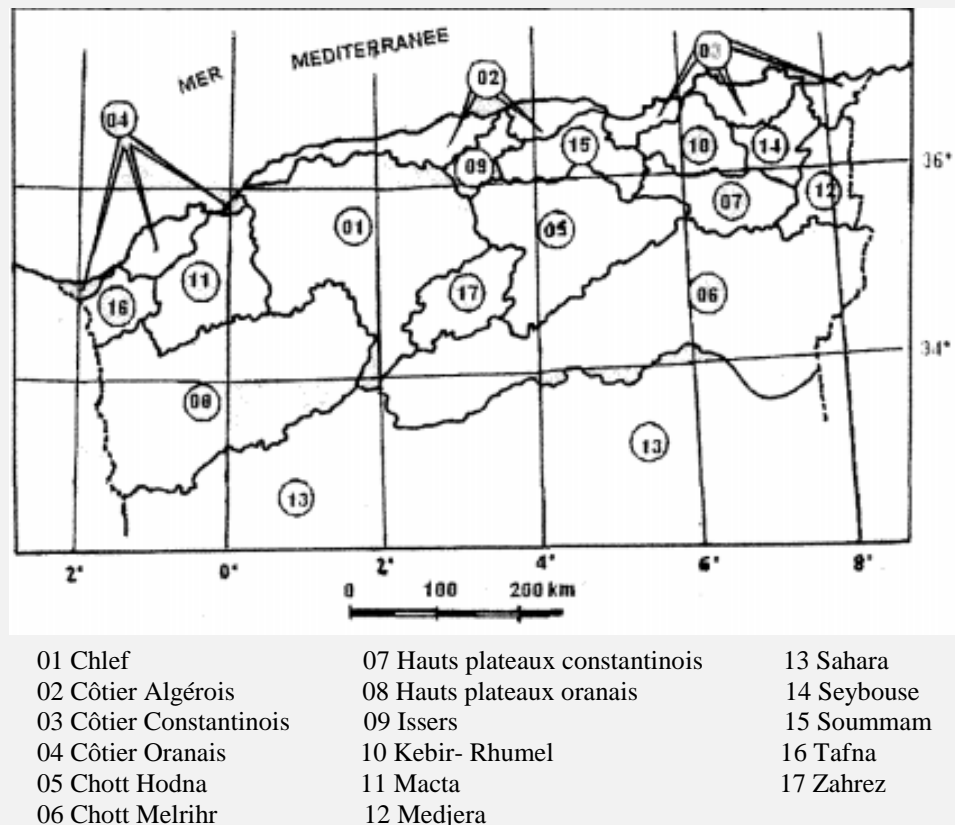


Figure 01. Principaux bassins versants de l'Algérie (BOUDJADJA et al., 2003)

I.1.1. Ressources en eaux de surface

Leur répartition spatiale est inégale d'une région hydrographique à l'autre. Cependant, les eaux de surfaces sont concentrées principalement dans le nord du pays, avec 3,7 milliard de m³ dans le Constantinois-Seybouse-Mellegue, et 3,4 milliard de m³ dans l'Algérois-Hodna-Soummam (Tab.1) (Commission de l'aménagement du territoire et de l'environnement du ministère des ressources en eaux, 2017).

I.1.2. Ressources en eaux souterraines

Les eaux souterraines sont concentrées principalement dans le Sahara, avec 5 milliard de m³ (Tab.1) (Commission de l'aménagement du territoire et de l'environnement du ministère des ressources en eaux, 2017).

Les nappes phréatiques sont alimentées par les précipitations grâce à la perméabilité des sols. Dans le nord du pays, les eaux souterraines sont estimées à 1,9 milliard de m³. Ces ressources qui sont relativement faciles à mobiliser, sont aujourd'hui exploitées à plus de 90% (tab. I), beaucoup de nappes connaissent même une surexploitation critique telle qu'au Mitidja et autres périmètres urbains industriels et touristiques. Actuellement, il est estimé à plus de 12000 forages, 9000 sources et 100000 puits qui sollicitent les nappes pour les besoins de l'agriculture, l'alimentation en eau potable et industrielle (AEPI) (TERRA, 2013).

Dans le nord du pays, les réservoirs sont renouvelables. Ils sont estimés à 126 nappes principales. Dans le sud, quelques nappes phréatiques souvent saumâtres existent, dans les lits des oueds tel que les oueds Ghir, M'Zab, Saoura, ... etc. Mais l'essentiel du potentiel hydrique se trouve dans les nappes du Sahara septentrional. Le renouvellement de ces nappes fossiles ou semi-fossiles n'est assuré qu'à hauteur de 80 millions de m³ (Tab. 1) (TERRA, 2013).

Tableau 01. Répartition spatiale des eaux de surface et souterraines en Algérie

Régions hydrographiques	Eaux superficielles (Milliard de m ³)	Eaux souterraines (Milliard de m ³)	Totale de la ressource (Milliard de m ³)
Oranie, Chott Chergui	1	0.6	1.6
Cheliff, Zahrez	1.5	0.33	1.83
Algérois, Hodna, Soummam	3.4	0.74	4.14
Constantinois, Seybouse, Mellegue	3.7	0.43	4.43
Sahara	0.2	5	Nappe albienne

(BOUCHEDJA, 2012)

1.1.3. Barrages

Les barrages sont le principal vecteur disponible en matière de domestication des eaux superficielles. L'Algérie avec ses 84 barrages (78 sont en exploitation), ne mobilise que 8.9 milliard de m³ (ADJOU, 2013). Cependant, des pays comme le Maroc mobilise 10 milliard de m³, avec 104 grands barrages, la Tunisie mobilise 2.4 milliard de m³, avec ses 28 grands barrages (KETTAB, 2001).

Le secteur des ressources en eau en Algérie a connu une grande évolution. Dans les années 1962 le nombre des barrages n'était que 13 barrages alors que de nos jours, le parc national compte 84 barrages de plus de 15 m de hauteur, ce qui a augmenté la capacité des eaux mobilisées de 0.45 milliard de m³ à 8.9 milliard m³, soit les 78% des potentialités. Dans le programme du MRE, 19 barrages pour une capacité de 1.3 milliards m³, ont été programmé par MRE durant la période 2010-2014.

Pour **ADJOU (2013)**, il faut signaler pour l'ensemble des barrages algériens que les sédiments causent un grand problème en privant le pays de 800 millions de m³ d'eau. Soulignons que les conditions naturelles et économiques en Algérie ne permettent pas d'avoir des barrages de plus grandes capacités comme c'est le cas par exemple de l'Egypte où le barrage d'Assouan renferme une capacité théorique de 160 milliard de m³ (soit 4 fois les écoulements superficiels de tous les pays du Maghreb) (**HARTANI, 2005**).

I.2. Ressources en eau en Algérie du nord

I.2.1. Ressources en eau superficielles en Algérie du nord

On estime que, pour un apport pluviométrique annuel total de 65.109 m³ le cycle de l'eau de l'ensemble des régions telliennes (versants Nord de l'Atlas Saharien, Hauts plateaux et Atlas Tellien) se décompose ainsi :

- ✓ un ruissellement de 15.109 m³, (23,1 %) ;
- ✓ une infiltration de 3.109 m³, (4,6 %) ;
- ✓ une évaporation de 47.109 m³, (72,3 %).

Cette distribution traduit à elle seule un grand déséquilibre au détriment de l'infiltration (4,6 %) qui limite considérablement la possibilité de réalimentation des aquifères. La prédominance du secteur montagneux en Algérie du Nord explique le taux élevé du ruissellement (23,1 %) (**ARRUS, 1985 in BOUDJADJA, 2003**).

En effet, le ruissellement est inversement lié à la densité de la couverture végétale et au travail aratoire du sol. Depuis une décennie, la déforestation et l'abandon de plusieurs centaines d'hectares dans les régions montagneuses telliennes ont diminué, d'environ 10 %, le couvert végétal des piémonts du tell septentrional (**BOUDJADJA, 1995**). Le taux élevé du ruissellement impose la construction d'ouvrages de mobilisation (digues, retenues collinaires, barrages) capables de conserver un certain temps les eaux de ruissellement.

L'ensemble des 11 bassins exoréiques de l'Algérie du nord fournit une potentialité d'écoulement de surface de 11,290.109 m³ par an (**BOUDJADJA, 2003**).

Tableau 2. Principaux Oueds exoréiques de l'Algérie du Nord et leurs apports annuels

Principaux oueds	Apport moyen (10 ⁹ m ³ /an)
Oued Chlef, Oued Kebir et Oued Rhum	2.250
Oued Seybouse, Oued Sebaou, Oued Soummam, Oued El Kebir Est, Oued Isser Oued Djendjen, Oued Tafna, Oued Sidi Khelifa, Oued Kebir Ouest, Oued Macta Oued Agrioun, Oued El Hor, Oued Mazafran, Oued Guebli, Oued Kissir, Oued Drass, Oued Damous, Oued Saf Saf, Oued El Arab, Oued El Ksob, Oued Hamiz, Oued Krani, Oued Nador, Oued Sebt, Oued El Hachem.	6
Oued Messelmoun, Oued Boudouaou, Oued Acif Taida, Oued El Hai, Oued El abid	
Oued Ibharrissen, Oued Sikkek, Oued Allalah, Oued Chemoura	0.700
Autres oueds de moindre importance	2.340
Total	11.29

(BOUDJADJA, 2003).

L'ensemble des oueds exoréiques de l'Algérie du Nord représente 92 % du total des écoulements en Algérie, bien qu'ils ne drainent que 7 % de la surface du territoire, puisqu'il faut exclure le Sahara et les Hauts plateaux. Il se trouve plus de 60 % de la population vit dans cette partie septentrionale de l'Algérie, qui supporte également la quasi-totalité de l'activité industrielle et agricole (**BOUDJADJA, 2003**).

1.2.2. Ressources en eaux souterraines en Algérie du nord

La géomorphologie de l'Algérie du Nord est dominée par des reliefs à fortes pentes. Elle est associée à une lithologie essentiellement marneuse, qui donne des séries peu ou pas perméables, mais aussi érodables. Ces caractéristiques entraînent que l'Algérie du Nord est défavorisée en matière d'eaux souterraines.

Pratiquement, seules les grandes plaines alluviales plio-quatémaies en sont pourvues : Soummam, Mitidja, Djendjen, Sébaou, Annaba, Sidi Bel Abbés, Mostaganem, Mascara, Oran et les petites vallées qui entaillent l'Atlas Tellien.

La puissance des horizons aquifères dépasse rarement les 30 mètres d'épaisseur. Par ailleurs, du fait de l'imperméabilité des sols, la réalimentation naturelle des aquifères est très faible. En conséquence, les réserves en eaux souterraines sont en quantité limitée.

De plus, nombre d'entre eux sont surexploités au point que ceux qui se trouvent en bordure du littoral sont totalement dégradés par l'avancée des biseaux salés. Se trouvent dans cette situation les aquifères du bas Chlef et d'Oran à l'Ouest, du Sébaou, du Mazafran, du Nador, d'EI Hachem au centre, et de Djendjen, la Soummam, du Zitoun et de Taher à l'Est.

Institutions (ANRH, Ministère de l'hydraulique et de l'Équipement) et chercheurs s'accordent autour d'un bilan de réserves exploitables de l'ordre de 1.256.109 m³/an (BENABDELLI *et al.*, 1995 ; DJELFI, 1996 et HASSANI, 1993 in BOUDJADJA, 2003).

I.3. Ressources en eau dans la région de Skikda

Le sous-sol de la région de Skikda est bien pourvu en ressources d'eau souterraine, même si toutes les nappes ne présentent pas des capacités d'exploitation intéressantes (nappe des grés et nappe des flyschs dans la vallée de Saf-Saf). Les dépôts alluviaux (formations meubles du quaternaire), formés le long des oueds constituent le magasin essentiel des eaux souterraines de la région, en effet, cinq nappes essentiellement alluvionnaires sont décelées dans les trois grands bassins versants de la région d'étude (BENRABAH, 2006).

I.3.1. Systèmes Aquifères

En fonction de leurs caractéristiques propres, les nappes de la région de Skikda peuvent être regroupées en cinq formations aquifères essentiellement formées par des dépôts alluvionnaires du quaternaire : La plaine de Collo, La plaine de oued Zhour, La Vallée de Safsaf, La plaine de Zeramna, La plaine de Oued Kebir Ouest et Le Massif dunaire de Guerbez (BENRABAH, 2006).

I.3.1.1. Plaine de Collo

La plaine de Collo est taillée dans un massif de roches métamorphiques du socle Kabyle qui est marqué par des sédiments marneux presque entièrement argileux. Le réservoir est une nappe semi captive se présentant par des formations essentiellement alluvionnaires à granulométrie hétérogène et grossières, le toit est représenté par des argiles sableuses d'épaisseur variable (4 – 15 m).

L'alimentation de la nappe se fait essentiellement par l'infiltration des eaux de pluies, et l'écoulement se fait généralement du Sud au Nord (vers la mer). Le débit total de la nappe d'après **DECAMPS (1974)** est de l'ordre de 120 l/s pour un débit exploité est de 100 l/s, son volume total est estimé à près de 4.5 M m³ (**SOGREAH, 1961 in BENRABAH, 2006**).

I.3.1.2. Plaine d'Oued Zhour

Située à l'extrême Nord-ouest de la région d'étude, la nappe d'Oued Zhour est alluvionnaire regroupant des formations telles que sables et graviers, révélée par les deux seuls forages implantés dans la région.

La nappe est semi captive au Sud (forage Oued Zhour 2), sous un toit semi perméable (sables argileuses) d'épaisseur qui varie de 2 à 5 m. Vers le Nord, elle est libre avec un toit perméable formé de sables, graviers et galets, l'ensemble de l'aquifère (sables et graviers) qui a une épaisseur allant de 30 à 35 m (forage oued Zhour 1 et 2) repose sur un substratum composé de marnes grises d'épaisseur variable. Sa réserve est estimée à 10 M m³ par des études géophysiques de la société **STROJEXPORT (1983)**.

I.3.1.3. Vallée de l'Oued Saf-Saf

Le bassin versant de l'Oued Saf-Saf est le plus important de toute la région de Skikda marqué par une réserve régulatrice estimée à presque 125 M m³ (**SELOUGUA et al., 1991**). Les différentes structures et unités géologiques existantes définissent les cinq types de nappes suivantes :

- ✓ La nappe des grès numidiens caractérisée par une alternance irrégulière de grès et d'argiles qui occupe les sommets à l'intérieur du bassin versant.
- ✓ Les nappes des flyschs mauritaniens caractérisées par des argiles, poudings, Calcaire phtalique qui s'étendent de Ain Bouziane jusqu'au Sud-ouest d'El Harrouch.
- ✓ La nappe des schistes composée de schistes, phyllades, gneiss et marbres. Elle occupe la limite Ouest du bassin et se poursuit plus au Sud de Staiha jusqu'au Nord-est.
- ✓ La nappe des calcaires qui s'étend du Sud-Ouest jusqu'au Nord-Est du bassin.
- ✓ La nappe des alluvions : c'est l'aquifère majeur de toute cette partie, il longe l'oued Safsaf et ses affluents. Il est composé d'un ensemble de formation perméable telle que graviers, sables et galets avec des passages de sable argileux.

1.3.1.4. Bassin versant de Kebir Ouest

Une coupe effectuée dans la plaine alluviale du Kebir Ouest, d'orientation Nord-sud va révéler l'existence de deux aquifères superposés :

- ✓ La première nappe alluviale de Kebir Ouest est formée d'un mélange de sable, graviers et galets, se localise sous un toit imperméable à semi perméable, son épaisseur varie de 5 m au Nord (forage Ain Nechma 3) et peut aller jusqu'à 20 mètres au Sud (**Forage DAS**).
- ✓ La deuxième nappe étant captive, possède un toit imperméable formé d'argiles limoneuses dont l'épaisseur varie de 10 à 20 mètres. Le substratum est formé en général par des marnes d'âge pliocène d'épaisseur variable, les zones les plus perméables de la nappe alluvionnaire se trouvent au débouché de l'oued Kebir Ouest et ses affluents en raison de la granulométrie du sol (**STROJEXPORT, 1974**).

1.3.1.5. Massif dunaire de Guerbez

Dans les formations du massif dunaire de Guerbez, d'orientation Est-Ouest, il existe deux nappes :

La première est libre formée par un matériel sableux, son épaisseur est variable de 5 à 10 m. A quelques endroits, on remarque l'absence de la couche semi-perméable où la nappe superficielle et la nappe profonde se confondent (Guerbez 1 et Guerbez 5).

Le second est semi captive à matériel alluvionnaire grossier constitué de sable, graviers et galets. Son épaisseur moyenne est de 15 mètres (forages Guerbez 1, 5, 6). Le coefficient d'emmagasinement (S) varie entre 3.10^{-4} et 30.10^{-4} (**KHAMMAR, 1981 in BENRABAH, 2006**).

L'extension latérale des couches aquifères (d'après les coupes de forages et coupes hydrogéologiques), nous montre d'une façon approximative leurs extensions générales dans l'espace comme suit :

Dans la région de Guerbez les nappes révélées sont celles des sables dunaires, s'étendant à plusieurs kilomètres du nord au Sud (selon la disponibilité des forages leurs lieux d'implantation).

Dans le bassin du Kebir Ouest la nappe la plus importante est celle des sables et graviers d'une puissance qui peut dépasser 20 m, son extension latérale se remarque de part et d'autre de l'oued Kebir Ouest dépassant 10 kilomètres de chaque côté.

Dans la vallée de l'oued Safsaf, existe plusieurs types de nappes à différentes importances hydrogéologiques. La plus intéressante est la nappe des alluvions qui longe l'oued principal et ces affluents, composée par un ensemble de formations perméables telles que graviers, sables et galets.

Dans le bassin versant de l'oued Guebli, il existe deux importante nappes constituées par les mêmes formations géologique (graviers, sables et galets), qui pourra probablement expliquer la continuité de la même nappe celle de Collo et de Tamalous tout le long de l'oued Guebli. Mais par manque de forages implantés plus loin des deux rives, l'extension latérale des nappes ne dépasse pas 10 kilomètre (**BENRABAH, 2006**).

1.3.2. Hydrologie de surface

La région de Skikda possède trois grands oueds repartis sur toute sa surface d'Est en Ouest (Kebir Ouest, Safsaf, Guebli) alimentés essentiellement par les eaux de pluies ainsi que de petits oueds tels que l'oued Zhour à Cap Bougaroun, Oued Rhira au côtiers de Flifla et l'oued Bibi. D'Ouest en Est on distingue (**BENRABAH, 2006**) :

1.3.2.1. Oued Kebir Ouest

L'oued Kebir Ouest débute au versant Nord de djebel Boutellis (Nord de Guelma), de direction Nord-Sud sa longueur approximative est de 48 Km avec principaux affluents oued Aneb et oued Fendek. Il traverse les bassins de Azzaba et d'Essebt pour se déverser dans la mer tout en passant par le massif dunaire de Guerbez, il draine une superficie de 1135 Km², son apport hydraulique est estimé à 282 M m³.

1.3.2.2. Oued Safsaf

Principal oued dans le bassin versant de Safsaf, il débute au Sud dans les monts de Constantine, de direction Nord-Sud sa longueur est de 53.19 Km (**ABH Constantine**), ses principaux affluents sont l'oued Zeramna, oued Haddarat. Il traverse le bassin versant dans une direction SE-NW jusqu'au village de Ramdane Djamel, ensuite suivant une orientation NW-NE vers la plaine de Zeramna pour se jeter finalement dans la mer méditerranée.

Son apport hydraulique est estimé à la station de Khemakhem à 150 M m^3 , il draine une superficie de 1154 Km^2 (ABH Constantine, 2002).

1.3.2.3. Oued Guebli

Il prend naissance au Sud de la région d'Oum Toub de direction Sud-Nord, il passe par la plaine de Tamalous puis celle de Collo pour enfin rejoindre la mer. Sa longueur approximative est de 38 Km avec principaux affluents l'oued Guergoura et l'oued Fessa, il draine une superficie de 944.6 Km^2 . Il apporte un volume annuel de 49 M m^3 mesuré à la station de Guenitra (ABH de Constantine, 2002).

Tableau 03. Trois grands oueds de la région de Skikda et leurs principaux affluents

L'oued	Longueur Km	Principaux affluents	Amont	Exutoire	Superficie drainée Km ²	Volume M m ³ /an
Kebir Ouest	43	Fendek Aneb	Dj Boutellis	Mer	1154	282
Safsaf	53.19	Khemakhem Haddaratz	Monts de Constantine	Mer	1154	150
Guebli	38	Fessa Guergoura	Oum Toub	Mer	944.6	49

(ABH et DHW de Constantine, 2002)

1.3.3. Barrages

La wilaya de Skikda compte quatre (4) grands barrages en exploitation fournissant un volume régularisable de $143.4. 106 \text{ m}^3 \text{ an}^{-1}$ dont 32 à Zerdaza, 48 à Guenitra, 20 à Beni Zid et 43,4 à Zit Emba (ANBT, 2006 in TANDJIR, 2010)

Tableau 04. Caractéristiques des 4 barrages fonctionnels de la région de Skikda

Barrage	Capacité estimée 10^6 m^3	Volume régularisé $106 \text{ m}^3 \text{ an}^{-1}$
Guenitra	124	48
Zit Emba	120	43.4
Zerdaza	25.3	32
Beni Zid	40	20

(ANBT, 2006)

1.3.3.1. Barrage de l'oued Zhor

Destiné à l'AEP de la région ainsi qu'à l'irrigation de sa plaine qui s'étend sur une superficie de 400 ha . Sa capacité totale est de $72 10^6 \text{ m}^3$.

1.3.3.2. Barrage de l'oued Charchar

Destiné à servir à la protection de la ville de Skikda contre les crues et à l'AEP de la commune de Bouchtata et ses environs, ainsi qu'à l'irrigation de la plaine d'El-Hadaïek. Ce barrage a une capacité estimée à $11,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

1.3.3.3. Barrage de Ramdane Djamel

Il sert de barrage écrêteur en amont du barrage de Zerdezaz. Ainsi, les barrages Zerdezaz, Beni Zid, Zit Emba et Guenitra sont définis en météorologie.

1.3.3.3.1. Barrage Zerdezaz

Sa construction a été réalisée entre 1929 et 1945 avant d'être surélevé de 1971 à 1974 afin de satisfaire la demande en AEP des chefs-lieux des communes de Zerdezaz, El-Harrouch, Salah Bouchaour et Emjez Edchiche pour une population de l'ordre de 130 000 habitants (DSA, 2006). Les capacités de stockage sont de $32 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, ces dernières sont réduites à $18 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ suite à des problèmes d'envasement causé par le dévalement des terres agricoles avoisinantes.

1.3.3.3.2. Barrage Guenitra

Les travaux de construction du barrage de Guenitra ont duré de 1974 à 1984. Il est destiné à assurer la couverture des besoins en eau potable pour la ville de Skikda, les agglomérations avoisinantes et la zone industrielle. Avec les eaux du barrage Zerdezaz, il contribue à l'irrigation de la plaine de Saf-saf. Il reçoit un apport annuel estimé à $47-60 \cdot 10^3 \text{ m}^3$. Ses capacités de stockage sont de $124 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ couvrant les besoins en AEP des communes d'Oum Toub, Sidi Mezghiche et les zones environnantes.

1.3.3.3.3. Barrage Béni Zid

Il est situé sur l'oued Béni Zid et est doté d'une capacité de $40 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ pour l'AEP de la commune de Collo ainsi que pour irriguer 1 500 ha de sa plaine.

1.3.3.3.4. Barrage Zit Emba

Il s'étend sur un bassin versant évalué à 485 km². L'altitude maximale est 1200 m, minimale 50 m et moyenne 376 m. Il reçoit une pluviométrie annuelle moyenne de 700 mm, un apport moyen annuel de 500 106 m³ d'eau. Il a été conçu pour une crue Q 10 pour 635 m³ s⁻¹ (débit de fréquence 10 ans), crue Q 100 pour 1275 m³ s⁻¹, crue Q 1000 pour 1920 m³ s⁻¹ et crue Q 10000 pour 3060 m³ s⁻¹ (DSA, 2006).

Il est situé sur le territoire de la commune de Bekkouche Lakhdar, dans la daïra de Ben Azzouz, sa capacité totale est de 120.10⁶ m³. Il est destiné à l'AEP de la commune d'Azzaba et à l'irrigation d'un périmètre de 6 500 ha situé sur la plaine de Ben Azzouz. Il assure une quantité de 8. 10⁶ m³ pour l'alimentation de la ville de Skikda.

1.3.4. Retenues collinaires

Sont essentiellement destinées à l'irrigation, elles sont au nombre de 32 retenues mobilisant un volume d'eau approximative de 4 M m³ par an d'eau de surface, un grand nombre est en bon état avec des capacités qui peuvent atteindre 400000 m³ tandis que d'autres sont en moyen ou mauvais état, actuellement il ne reste qu'une douzaine en service avec une capacité qui ne dépasse pas 2 M m³ /an.

Tableau 05. Différentes retenues collinaires dans la région de Skikda et leurs capacités totales

Bassins versant	Nombre de R.C	Capacité totale (M m ³)
Oued Safsaf	19	2
Oued Kebir Ouest	13	2.4
Total	32	4.4
R.C en service	12	1.47

(ABH de Constantine, 2006)

Chapitre II
Pollution des ressources
hydriques

CHAPITRE II – POLLUTION DES RESSOURCES HYDRIQUES

Le terme « pollution » désigne toute modification défavorable du milieu naturel, qui paraît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers des effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou à travers des ressources agricoles, en eau et en produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède ou les possibilités réactives du milieu (**1^{er} Rapport du Conseil sur la qualité de l'environnement de la Maison Blanche, 1965, in RAMADE, 2002**).

En outre, une pollution peut affecter directement l'homme, dans sa santé ou son environnement proche. Elle peut aussi l'affecter indirectement à travers la chaîne alimentaire ou l'environnement plus lointain. Polluer c'est salir, souiller, dégrader l'environnement...

Un milieu aquatique est soumis à l'ensemble des interactions entre les trois compartiments de la biosphère (eau, sol, air). Ce chapitre traite plus particulièrement la pollution de l'eau. D'abord, les principales sources de cette pollution sont présentées ainsi que leurs impacts sur l'environnement. Ensuite, nous exposons les différents paramètres utilisés pour évaluer l'état de contamination de l'eau (**BENKADDOUR, 2018**).

La pollution ou la contamination de l'eau peut être ainsi définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physique, chimique et biologique ; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels. Ces substances polluantes peuvent avoir différentes origines :

- ✓ Urbaine (activités domestiques ; eaux d'égout, eaux de cuisine...)
- ✓ Agricole (engrais, pesticides)
- ✓ Industrielle (chimie-pharmacie, pétrochimie, raffinage...)

(**MOHAMED BEN ALI, 2015**)

II.1. Pollution des eaux de surface

La pollution d'une eau superficielle est la dégradation de sa qualité en modifiant ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. Les effets indésirables de ce phénomène sur les organismes vivants ont fait l'objet de nombreux travaux (ADJAGODO et al., 2017 in BENKADDOUR, 2018). Cette pollution provient de plusieurs sources d'origine anthropique (MEKHALIF, 2009 in BENKADDOUR, 2018).

II.2. Types de pollution

II.2.1. Pollution physique

Elle résulte de différents éléments solides entraînés par les rejets domestiques et industriels. On distingue :

- **Pollution solide** : Provient des particules solides apportées par les eaux industrielles ainsi que les eaux de ruissellement et issue des décharges de déchets à ciel ouvert.
- **Pollution thermique** : Causée généralement par les eaux des circuits de refroidissement des usines, en effet tout changement de température de l'eau a des conséquences significatives sur l'équilibre écologique du milieu aquatique naturel et la survie des organismes vivants.
- **Pollution radioactive** : Liée aux rejets des éléments radioactifs par les installations et les centrales nucléaires ainsi que les usines de traitement de déchets radioactifs (MEKAOUSSI, 2014 in BENKADDOUR, 2018).

II.2.2. Pollution chimique

Elle est due aux polluants chimiques de nature organique et minérale générés par les différentes activités anthropiques. Ce type de pollution regroupe les solvants, les métaux (Zn, Pb, Cd,.....), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les polychlorobiphényles (PCB), les produits pharmaceutiques, les pesticides, les sels, etc...

II.2.3. Pollution microbiologique

Elle provient de plusieurs sources comme les rejets des hôpitaux, l'agriculture ainsi que les rejets d'eaux usées. L'eau se charge alors de microorganismes pathogènes (bactéries, virus, parasites) qui peuvent être dangereux pour l'environnement et pour la santé humaine (LOUNNAS, 2009 in BENKADDOUR, 2018).

II.3. Eaux usées

Une eau usée ou résiduaire est une eau issue des activités anthropiques (domestiques, industrielles, agricoles) qui a été dégradée après usage. Le rejet direct de ces eaux dans le milieu naturel représente la forme de pollution la plus dommageable pour l'ensemble des écosystèmes. Ces eaux transportent des concentrations élevées en matières polluantes (azote, phosphore, matière organique, métaux lourds, bactéries pathogènes...), ce qui détériore la qualité des eaux pour les milieux récepteurs (rivières, lac,...) (TAGHZOUT, 2015).

Suivant l'origine des substances polluantes, on peut classer ces eaux usées en :

- **Eaux usées domestiques** : comme leur nom l'indique, elles résultent des activités humaines (les excréments humains, les eaux ménagères, etc...). Ces eaux sont généralement chargées en matière organique, azote et phosphore.
- **Eaux usées industrielles** : Elles proviennent essentiellement des usines et des installations industrielles ; ces eaux peuvent contenir des éléments traces métalliques (As, Pb, Cr, etc. ...), des solvants, des colorants, etc...
- **Eaux usées agricoles** : Elles proviennent du lessivage des terres cultivées et traitées avec des engrais et des pesticides, l'utilisation extensive de ces produits sont à l'origine de la présence des nitrates et des éléments traces métalliques (Zn, Cu, Pb,...) dans ces eaux (METAHRI, 2012 in BENKADDOUR, 2018).

II.4. Impact sur l'environnement et la santé humaine

Les eaux usées rejetées dans les milieux aquatiques sans traitement préalable peuvent occasionner des dégâts irréversibles sur la santé du vivant et sur les écosystèmes.

II.4.1. Sur l'environnement

Le déversement des eaux usées directement dans l'environnement cause de nombreux dangers pour la survie des organismes vivants et l'équilibre écologique. Par exemple la présence de quantités excessives d'azote et de phosphore engendre un phénomène appelé eutrophisation, qui favorise la prolifération de végétaux et diminue la quantité d'oxygène dissous, ce qui provoque à long terme la mort de nombreux organismes vivants au sein du milieu aquatique (poissons, crustacés, etc...). (IVANOWSKY, 2016).

La présence des éléments traces métalliques comme le mercure et l'arsenic dans ces eaux peut avoir un impact négatif sur les organismes vivants les plus fragiles en raison de leur toxicité même à faibles doses, provoquant des dysfonctionnements et des troubles dans leurs fonctions physiologiques (IVANOWSKY, 2016).

La qualité de l'eau des nappes phréatiques peut être également dégradée par l'infiltration des eaux usées à travers le sol, qui permet la migration des polluants présents dans ces eaux usées vers les eaux souterraines (METAHRI, 2012).

II.4.2. Sur la santé humaine

L'eau est un élément indispensable à la vie humaine. L'insuffisance ou la mauvaise qualité de l'eau est à l'origine de nombreuses maladies dans le monde, notamment dans les pays en développement où 80% des maladies sont dues à l'eau (ADJAGODO *et al.*, 2017 et SY *et al.*, 2017 in BENKADDOUR, 2018). Les maladies hydriques peuvent être classées selon six catégories différentes :

- Maladies transmises par l'eau (parasites, bactéries, virus) ;
- Infections de la peau et des yeux, dues au manque d'eau ;
- Maladies causées par un organisme aquatique invertébré ;
- Maladies causées par un insecte fourmillant à proximité de l'eau.

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), chaque année 4 milliards de cas de diarrhée, en plus des millions d'autres cas de maladies, sont liés à un manque d'accès à l'eau propre pour la consommation humaine. Chaque année, il y a 1,7 million de personnes qui meurent à la suite de diarrhées, la plupart étant des enfants âgés de moins de cinq ans.

La santé humaine est gravement touchée par les maladies liées à l'eau, de même que par la pollution due à des rejets de produits chimiques dans l'eau issus des différentes activités humaines. D'après l'UNICEF 60% de la mortalité infantile dans le monde est due à des maladies infectieuses ou parasitaires, majoritairement liées à la pollution de l'eau (ROUAMBA *et al.*, 2016 et SOME *et al.*, 2014 in BENKADDOUR, 2018).

II.5. Evaluation de la qualité des eaux de surface

La qualité d'une eau de surface est évaluée en mesurant différents types de paramètres.

II.5.1. Paramètres physico-chimiques

II.5.1.1. Température

Facteur écologique important pour les milieux aqueux. Elle est liée d'une part, aux variations saisonnières et journalières de la température ambiante et d'autre part, aux rejets des activités anthropiques (eaux de refroidissement). Sa perturbation peut influencer la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans les processus bactériens comme la nitrification et la dénitrification (**LEYNAUD, 1968**). Plusieurs paramètres dépendent de la température de l'eau comme le pH et l'oxygène dissous (**JOHNSON et al., 2015**).

II.5.1.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Ce paramètre joue un rôle très important dans le développement de la vie aquatique. De plus, le pH influe sur le comportement de certains éléments comme les métaux dont il peut diminuer ou augmenter la mise en solution et donc la toxicité en rendant les métaux bio disponibles. Généralement, les valeurs de pH des eaux naturelles sont comprises entre 6 et 8,5 (**DERWICH et al., 2010**).

II.5.1.3. Oxygène dissous

Provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. Il dépend de nombreux facteurs comme la température de l'eau, le taux des éléments dissous dans le milieu, ainsi que la pression partielle en oxygène dans l'atmosphère. La présence des quantités importantes de matières organiques dans les eaux souvent d'origine anthropique, peut provoquer un déficit d'oxygène dissous dans le milieu aquatique. Cela est lié à la consommation de l'oxygène du milieu par les microorganismes qui dégradent des matières organiques (**DIAZ et al., 2002 in BENKADDOUR, 2018**).

II.5.1.4. Turbidité

Indique la réduction de la limpidité de l'eau. Cela est dû à la présence des matières en suspension non dissoutes (MES) provenant de l'érosion et du lessivage des sols, ou des matières particulaires issues de la dégradation de la matière animale et végétale. Elle est exprimée en NTU (Néphelométric Turbidity Unit) ou FTU (Formazin Turbidity Unit) (HAYZOUN, 2014 et NEHME, 2014).

II.5.1.5. Matières en suspension

Particules d'origine minérale et organique de faible taille et/ou densité, ce qui leur permet de se déplacer dans les cours d'eau sans toucher au fond. La teneur et la composition des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau (sables, boues, particules organiques, plancton, etc...). Elles dépendent de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, des rejets, du développement des microorganismes. Elles interviennent dans la composition de l'eau par leurs effets d'échanges d'ions ou d'adsorption. Des teneurs élevées en matières en suspension peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous, ce qui engendre des conséquences graves sur l'état biologique des cours d'eau (DUTORDOIR, 2014 in BENKADDOUR, 2018).

II.5.1.6. Conductivité électrique (CE)

Elle s'exprime généralement en mS/cm, sa mesure indique le taux des sels dissous présents dans une eau et par conséquent son pouvoir conducteur. Elle est peut-être utilisée comme indicateur de pollution dans les études environnementales, pour montrer les apports importants en sels d'origine naturelle (bassin versant) et/ou anthropique. (BENKADDOUR, 2018)

II.5.2. Paramètres globaux

II.5.2.1. Demande chimique en oxygène (DCO)

Ce paramètre permet de quantifier la matière oxydable contenue dans l'eau par la mesure du taux d'oxygène nécessaire pour la dégrader. La DCO est exprimée en mg d'O₂/l. Les valeurs élevées de la DCO indiquent la présence d'une forte contamination liée à la présence de polluants réfractaires d'origine organique et minérale issus des activités anthropiques ou naturelles (DIAB, 2016 in BENKADDOUR, 2018).

II.5.2.2. Demande biochimique en oxygène (DBO5)

La DBO5 mesure la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique par voie biologique (bactéries), cette analyse s'effectue à une température de 20°C pendant 5 jours à l'obscurité. Les valeurs de la DBO5 montrent la teneur des polluants biologiquement dégradables dans les milieux aquatiques. Elle est exprimée en mg d'O₂/L. (BENKADDOUR, 2018)

II.5.3. Eléments traces métalliques (ETM)

Naturellement présents dans les sols. Les plus connus pour leur dangerosité par rapport aux organismes vivants sont le plomb (Pb), le mercure (Hg), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le nickel (Ni), le zinc (Zn), l'arsenic (As). Ils présentent des risques pour l'homme ainsi que pour l'environnement s'ils dépassent certains seuils. Ces éléments peuvent être d'origine naturelle : altération des roches, émissions volcaniques..., ou anthropiques : activités minières et métallurgiques, agricoles, urbaines. Les ETM sont présents dans les milieux aquatiques par le biais du ruissellement de l'eau et du lessivage des sols, ils peuvent être sous formes dissoute, colloïdale et particulaire (COYNEL *et al.*, 2009 et DEVEZ *et al.*, 2005).

Leurs transferts dépendent des paramètres physicochimiques des milieux ainsi que de leur degré de mobilité, on distingue les groupes suivants (DREVER, 2005) :

- Les éléments très mobiles (As, Sb, Mo, Cd)
- Les éléments modérément mobiles (U, Co, Cu, Ni)
- Les éléments « non-mobiles » (Zn, Cr, V, Th, Pb)
- Les éléments les plus immobiles (Zr, Ti, Ta)

II.5.4. Matière organique dissoute

Présente dans les sols du bassin versant, mais elle se trouve aussi dans la colonne d'eau à l'état dissous par l'effet de deux processus : la lixiviation et le lessivage. Elle peut être d'origine allochtone ou pédogénique et autochtone ou aquagénique. Les activités anthropiques affectent la fraction de la matière organique présente dans les eaux naturelles, ce qui entraîne généralement une perturbation de leur concentration et de leur composition (BAKER, 2003).

La spectrométrie de fluorescence est considérée comme un outil d'analyse potentiel pour analyser et caractériser la matière organique dans les systèmes aquatiques, en utilisant la technologie des matrices d'excitation et d'émission en 3D (MEEF). Les principaux composants fluorescents observés sont attribués aux substances humiques (SH), comprenant les acides humiques (AH) et fulviques (AF) mais aussi aux acides aminés fluorescents issus de protéines aromatiques correspondant aux résidus tryptophane, tyrosine et phénylalanine (**BAKER et al., 2003**). Ces trois acides aminés peuvent être considérés comme traceurs des eaux usées et de l'activité microbienne, ils sont souvent utilisés pour suivre l'impact des rejets domestiques dans les cours d'eau (**BAKER et al., 2008 et 2009**).

Chapitre III
Généralités sur les intrants
agricoles chimiques

CHAPITRE III – GENERALITES SUR LES INTRANTS AGRICOLES CHIMIQUES

Un intrant fait référence à toute décision, opération de gestion ou matière première commerciale achetée ou pas, visant à améliorer la production des cultures ou de l'élevage agricole et aquacole. En agriculture, les intrants agricoles sont des améliorants du sol, pour en améliorer les caractéristiques physiques par des engrais, des fertilisants ou des amendements, et/ou des produits phytosanitaires (**BENSIDHOUM et HALLAL, 2013**).

III.1. Produits phytosanitaires (Pesticides)

III.1.1. Définition

Les "pesticides" est une appellation générique couvrant toutes les substances (molécules) ou produits (formulations) qui éliminent les organismes nuisibles, qu'ils soient utilisés dans le secteur agricole ou dans d'autres applications. La substance ou le microorganisme qui détruit ou empêche les organismes nuisibles de s'installer sur les végétaux, parties de végétaux ou produits végétaux est dénommée substance active, à laquelle sont associés dans la préparation un certain nombre de «formulant» qui la rendent utilisable par l'agriculteur (**FAIZI et HILOUFA, 2020**).

Selon la **FAO (1986)**, « Un pesticide est une substance, ou un mélange de substances utilisé pour empêcher d'agir, détruire ou neutraliser un ravageur, un vecteur de maladie humaine ou animale, une espèce végétale ou animale nocive ou gênante au cours de la production, de la transformation de l'entreposage, du transport ou de la commercialisation des denrées alimentaires, de produits agricoles, de bois et des dérivés du bois, ou d'aliments pour animaux. Ou encore susceptibles d'être administrés à des animaux pour détruire les insectes, arachnides ou autres parasites à la surface de leur corps ou à l'intérieur de l'organisme ».

Les pesticides sont destinés à la protection des cultures contre les organismes jugés nuisibles comme les parasites, « mauvaises herbes », insectes et champignons. De ce fait, les pesticides sont traditionnellement classés selon leurs cibles.

III.1.2. Historique

Selon CALVET (2005) in KENOUCHE et al. (2019), la lutte contre les organismes nuisibles aux cultures a certainement été de tous temps une préoccupation de l'agriculteur. Pendant longtemps, l'essentiel des moyens étaient de nature physique : ramassage des larves, des œufs, des insectes adultes, destruction des plantes malades par le feu, désherbage manuel puis mécanique. L'utilisation des produits chimiques est malgré tout assez ancienne comme l'indique l'emploi du soufre et celle de l'arsenic.

Au cours des siècles, les connaissances et les compétences nécessaires pour protéger les cultures contre les ravageurs et les maladies ont grandement évolué, les personnes ont toujours utilisés des produits chimiques botaniques et inorganiques dans leurs efforts de réduire les dommages produits par les ravageurs et les maladies au niveau de leurs cultures et de leurs animaux (BOLAND et al., 2004 in KENOUCHE et al., 2019).

Deux périodes peuvent être distinguées pour décrire le développement très important des pesticides ; ce sont la première et la deuxième moitié du XXe siècle approximativement séparées par la deuxième guerre mondiale (CALVET et al., 2005 in KENOUCHE et al., 2019). Avant 1950 : L'usage des composés arsenicaux est très répandu. Ils se sont utilisés contre les ravageurs des arbres fruitiers et contre le ravageur de la pomme de terre (le doryphore).

Certaines sources estiment les années 1940 et 1950 pour le début de l'ère des pesticides. Durant cette période ; la lutte contre les maladies des plantes est toujours assurés par le soufre et par le cuivre (BOLAND et al., 2004 in KENOUCHE et al., 2019). Après 1950 : L'utilisation des pesticides s'est beaucoup développée au cours de la deuxième moitié du XXe siècle. Plusieurs facteurs ont eu un effet marquant sur cette évolution tel que (CALVET et al., 2005 in KENOUCHE et al., 2019) :

- La recherche d'un rendement élevé.
- La protection de la qualité des produits alimentaires.
- Une main d'œuvre plus réduite.
- De nombreuses substances ont été découvertes.

A partir des débuts de 1960, l'utilisation des pesticides est montée en flèche en Asie et en Amérique du Sud 4.65 % des pesticides dans le monde sont utilisés dans les pays développés, mais l'utilisation dans les pays en développement est de plus en plus élevée (CALVET *et al.*, 2005 in KENOUCHE *et al.*, 2019). Malheureusement le développement de produits systémiques a induit l'apparition rapide de résistances qu'on n'a pas su prévenir.

A partir des années 90, le grand nombre de produits commercialisés et les exigences réglementaires (homologation, normalisation... etc) rendent la compétition entre les industries phytosanitaires de plus en plus sévère. Les industriels préfèrent exercer leur effort sur la vente d'un seul produit optimisé pour un usage bien ciblé plutôt que de se lancer dans la fabrication simultanée d'autres produits (EL BAKOURI, 2006 in KENOUCHE, 2019).

III.1.3. Types de pesticides

III.1.3.1. Fongicides

Utilisés contre les maladies cryptogamiques, assurent une protection contre les champignons parasites. Deux catégories sont distinguées par PIREQUET (2004) :

Fongicides minéraux

- **Les fongicides à base de cuivre** : sont les plus nombreux et les plus utilisés. Le plus connue est la bouillie bordelaise (mélange de soufre et de cuivre).
- **Les fongicides à base de soufre** : ils sont utilisés sous forme de vapeur. On distingue 3 types de fongicides soufrés ; les soufrés tributaires sous forme de poudre, les soufrés sublimés obtenus par condensation de la vapeur et enfin les soufrés mouillables utilisés en pulvérisation.
- **Les fongicides à base de permanganate de potassium** : ils agissent uniquement contre les oidiums.

Fongicides organiques

Les fongicides organiques comportent un groupe varié de molécules dont la structure chimique est variée, On distingue :

- Carbamates
- Dérivés du phénol : dinoap.
- Dicarboximides : les phtalimides, les imides cycliques.
- Amides et amines : les anilides, les phénylamides.
- Anilinopyrimides.

III.1.3.2. Herbicides

Utilisés contre les « mauvaises herbes ». Ils sont appliqués au niveau :

➤ **Foliaire**

- Régulateurs de croissance.
- Inhibiteurs de la synthèse d'acides aminés.
- Destructeurs de la membrane cellulaire.
- Inhibiteurs de la photosynthèse.

➤ **Sol**

- Inhibiteurs de la division cellulaire.
- Destructeurs de pigments.

III.1.3.3. Insecticides

Utilisés contre les insectes, et ils sont regroupés en trois grandes familles :

Organochlorés : à base de carbone, d'hydrogène et de chlore.

- Diphényles aromatiques.
- Cyclodienes.
- Polychloterpènes.

Organophosphorés

- Organophosphorés aliphatiques.
- Dérivés phényles.
- Hétérocycles.

III.1.3.4. Autres familles de pesticides

- *Corvicides* : utilisés contre les oiseaux.
- *Rodenticides* : pour lutter contre les taupes et les rongeurs.
- *Molluscides* : utilisés contre les limaces.
- *Nématocides* : utilisés contre les nématodes.

III.1.4. Utilisation des pesticides

III.1.4.1. Usage dans le monde

Les pesticides sont employés en agriculture (traitement par épandage ou pulvérisation), dans les industries (textile et bois), dans la construction, pour désherbage (des voies de communication par exemple) et pour la désinfection. Malheureusement, la hausse de productivité des terres et des arbres fruitiers, grâce à l'utilisation des engrais et des pesticides, s'est accompagnée d'une multitude d'effets indésirables ou nocifs, liés à la contamination croissante de la biosphère. Ces effets s'amplifient avec l'ignorance des précautions d'emploi, bien que le recours aux pesticides reste une opération nécessaire de nos jours. (BOUGDAH, 2007 in KENOUCHE et al., 2019).

III.1.4.2. Usage en Algérie

Les enquêtes auprès des agriculteurs et des revendeurs ont permis de donner un aperçu sur les pesticides en Algérie, dont l'utilisation est faible comparant aux pays développés. Les pesticides les plus utilisés en Algérie sont les fongicides et les insecticides contrairement aux pays développés où les herbicides occupent la première place. Malgré cette faible utilisation, il a été relevé en matière de santé, un taux relativement élevé de cas d'allergie parmi les utilisateurs de pesticides et qui peut s'expliquer en grande partie par le non-respect des mesures de protection et des recommandations d'utilisation des pesticides (DJELLOULI, 2013 in KENOUCHE et al., 2019).

III.1.5. Réglementation en Algérie

L'encadrement des risques liés à l'exposition et à l'utilisation des substances chimiques en agriculture, repose sur l'enregistrement et le contrôle par les services du Gouvernement, conformément aux dispositifs législatifs et réglementaires en place, notamment (KENOUCHE et al., 2019) :

- ✓ La loi n°85-05 du 16/02/85, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé ;
- ✓ La loi n° 87-17 du 1er /08/87 relative à la protection phytosanitaire ;
- ✓ La loi n°08-16 du 3 août 2008 portant orientation agricole ;
- ✓ La loi n°09-03 du 25/02/09 relative à la protection du consommateur et à la répression des fraudes ;

- ✓ Le Décret exécutif n° 95-405 du 02 décembre 1995 relatif au contrôle des produits phytosanitaires à usage agricole, modifié et complété par le décret exécutif n°99-156 du 20 juillet 1999.
- ✓ La Convention de Rotterdam portant sur la procédure de consentement préalable en connaissance de cause applicable à certains produits chimiques et pesticides dangereux qui font l'objet d'un commerce international.

Le processus d'adoption par l'Algérie de cette convention est actuellement en cours (Loi algérienne N° 87-17 relative à la protection phytosanitaire, 1987).

III.1.6. Ecotoxicité des pesticides

Les pesticides libérés dans l'environnement éliminent les organismes cibles mais, la plupart vont également toucher d'autres organismes que ceux visés. Ils s'accumulent tout le long de la chaîne alimentaire, du coup ils agissent sur les différentes composantes en allant des organismes microscopiques (bactéries, champignon,..) au sommet de la chaîne alimentaire. Ils affectent également les composantes non vivantes de la nature à savoir les compartiments : eau, air et sol.

III.1.6.1. Impact sur microflore du sol

Même si la plupart des traitements sont appliqués sur les parties aériennes de la plante, les produits peuvent atteindre le sol et ainsi la microflore essentielle pour le maintien de la fertilité du sol et cela se fait principalement via les eaux contaminées. Des études ont montré qu'une prairie permanente peut contenir jusqu'à 200 vers de terres/m². Le même sol exploité dans un système viticole voit son abondance en lombriciens diminuer de 1 à 70 individus / m².

III.1.6.2. Impact sur les oiseaux

Au début des années 50, les scientifiques ont enregistré la mortalité des oiseaux dans des champs traités au DDT ou avec d'autres produits. Il s'agissait d'empoisonnement secondaire. Ou les oiseaux ont ingéré des insectes handicapés par les insecticides. A cette époque, un traitement des graines aux organochlorés a entraîné la mort de nombreux granivores (LEBLAN, 1995).

III.1.6.3. Impact sur les mammifères

Les mammifères peuvent être également exposés à la toxicité par les pesticides et cela par ingestion de nourriture contaminée, les prédateurs accumulent une quantité plus élevée que les herbivores.

Plusieurs facteurs influencent l'impact des pesticides sur la biodiversité (LEBLANC, 1995) :

- Dispersion des produits.
- Non sélectivité.
- Toxicité de la molécule active et de ces produits de dégradation.
- Rémanence de la molécule et sa capacité d'accumulation dans la chaîne alimentaire.

III.1.6.4. Contamination des eaux

Une des conséquences environnementale majeure de l'agriculture intensive actuelle est la dégradation de la qualité des eaux. Les pesticides peuvent facilement pénétrer dans les sources d'eau. Différents auteurs ont mis en évidence des contaminations de produits phytosanitaires dans les eaux de surface et de profondeur de bassins viticoles (LENNARTZ et al., 1997; LOUCHARD et al., 2001).

III.1.6.5. Contamination de l'air

L'air et l'eau pouvaient être contaminés, de manière locale, mais aussi à distance des lieux de traitement. Cette contamination est chronique. Les pesticides peuvent également contaminer l'air intérieur non seulement suite à leur application ou leur stockage dans les logements mais également du fait du transport des produits utilisés à l'extérieur (agriculture, jardins, parcs) (BOUGUERRA et BOUMAZA, 2015).

III.1.6.6. Contamination des sols

La contamination des sols par les pesticides, a été reconnue comme l'une des principales menaces qui pèsent sur les sols. Les pesticides peuvent provenir des activités agricoles mais également des activités d'entretien des espaces verts et jardins ou de désherbage des réseaux routiers et ferrés. La vitesse d'infiltration des pesticides dans le sol dépend du sol (humidité, taux de matière organique, pH) et du pesticide (BOUGUERRA et BOUMAZA, 2015).

III.1.7. Devenir des pesticides dans l'environnement

Les mécanismes qui gouvernent ce devenir sont nombreux et complexes et encore souvent mal connus. Cependant suivant un schéma classique, ils peuvent se classer en 3 types : rétention, dégradation et transfert (MARLIÈRE, 2000 in KENOUCHE *et al.*, 2019) (Figure 01).

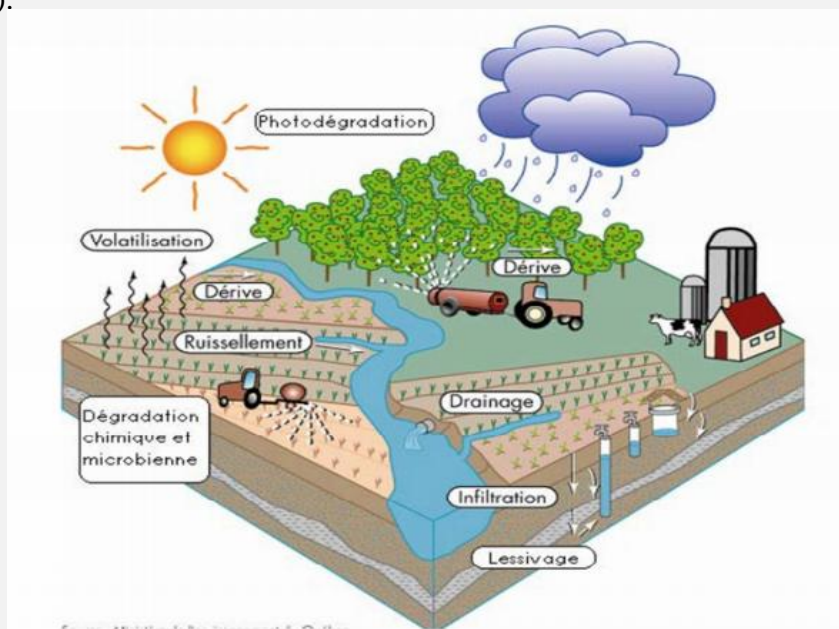


Figure 02 : Devenir des pesticides dans l'environnement (TELLIER *et al.*, 2006).

III.1.7.1. Dispersion

C'est le déplacement du produit et éventuellement de ses dérivés hors du point de son application (GREBIL *et al.*, 2001 in TOUATI, 2017). Les mécanismes de dispersion sont très nombreux et dépendent principalement du couvert végétal, des caractéristiques du sol, du fonctionnement hydrologique pendant et après l'application ainsi que de la composition des produits épandus (AUBERTOT *et al.*, 2005 in TOUATI, 2017). Le transfert des pesticides s'effectue principalement vers d'autres systèmes, vers l'atmosphère, vers la profondeur (les nappes) et vers les eaux de surface (eaux de ruissèlement).

III.1.7.2. Dégradation

La dégradation des pesticides dans le sol se fait soit par les micro-organismes du sol (biologique) ou par des réactions chimiques (abiotiques). Elle augmente avec la température et la teneur en eau du sol. La vitesse de dégradation est indiquée par la demi-vie (DT50), mais il faut cependant prendre en considération les produits de dégradation (métabolites), car ils peuvent être également nocifs (GREBIL *et al.*, 2001 in TOUATI, 2017).

III.2. Fertilisants

III.2.1. Définition

L'engrais est une matière pénétrant en tout ou en partie dans une plante pour contribuer à son développement. L'amendement modifie l'état mécanique du sol, en le rendant plus meuble ou plus tenace (MICHELET, 1833 in HELLALI et al., 2022). Il est destiné à apporter aux végétaux les éléments indispensables à la constitution de leurs tissus (TESTUD, 2004 in TEFFAHI et NOUN, 2021). L'action consistant à apporter un engrais s'appelle la fertilisation.

Les engrais étant des substance destinées à fournir à la plante les éléments nutritifs dont elle a besoin, il va de soi que les engrais sont principalement composés des éléments dont la plante a le plus besoin, c'est-à-dire l'azote (N), le phosphore (p) et la potassium (K) (MEDJEDDED et LOUCHENE, 2020). On y trouve divers Types des engrais :

- Engrais naturels
- Engrais minéraux
- Engrais organiques
- Fumier
- Compost
- Engrais verts
- Engrais chimiques

Tableau 06. Effet des engrais sur les végétaux

Type d'engrais	Effet sur les parties des végétaux
N : Azote	L'action essentielle de l'azote concerne la partie aérienne des végétaux : tiges, branches et feuillage.
P : Phosphore	Le phosphore assure le bon développement des racines et favorise également la résistance aux maladies
K : Potassium	Le potassium favorise le développement des fleurs et des fruits

(BENALIA et BELKESSA, 2022)

III.2.2. Classification des engrais

Plusieurs classifications sont possibles, elles sont principalement basées sur les paramètres suivants (SOLTNER, 2003 in BEN HADDADI et BEN MEDJBER, 2021) :

- Nombre d'éléments majeurs contenus en quantités appréciables ;
- Origine et la nature des éléments.

III.2.2.1. Selon leur origine

A. Engrais chimiques

Ce type d'engrais est caractérisé par sa solubilité facile et rapide au contact de l'eau pour une meilleure assimilation par la plante dès leur épandage. Ce sont des substances d'origine minérale, produits soit par l'industrie chimique, soit par l'exploitation de gisement naturels (phosphate, potasse) (FARRE, 2004 in FERD et ATTIA, 2022). Les plus couramment utilisés comprennent les engrais azotés, phosphatés et potassiques, qui contiennent respectivement de l'azote, du phosphore et du potassium (BENALIA et BELKESSA, 2022).

Tableau 07. Quantité de N, P, K dans les engrais chimiques (engrais minéraux)

Engrais	N (%)	P (%)	K (%)
(NH ₄) ₂ SO ₄	20.5	0	0
Na NO ₃	15.0	0	0
NH ₂ CONH ₂	46.0	0	0
(NH ₄) ₃ PO ₄	11.0	48.0	0
Mg (NH ₄) PO ₄	7.0	40.0	6.0
K ₂ SO ₄	0	0	48.0
K NO ₃	0	0	46.0

(CHAREF et ZAIDI, 2021)

B. Engrais organiques

Sont le plus souvent d'origine animale et/ou végétale. Ils peuvent aussi être synthétisés, comme l'urée (HEDJAZI et BENENEUMISSI, 2022). Selon (SOUALMIA, 2014 in DJEHICHE et GUERGOURI, 2020), il y a 4 différents types des engrais organiques à savoir :

- Le fumier : Obtenu par fermentation des excréments et de la litière des animaux Il est possible également d'utiliser une solution de purin de ferme ou du fumier
- Le compost : L'obtention d'un compost mature après 4 à 6 mois
- Le Paillis

- Les engrais verts : La culture d'engrais vert est une des pratiques de base de l'agriculture biologique. La forme d'engrais vert la plus courante est représentée par les résidus végétaux.

Tableau 08. Quantités de N, P, K dans certains engrais organiques

Engrais	N (%)	P (%)	K (%)
Fumier de vache	0.4	0.1	0.4
Fumier de bœuf	0.6	0.1	0.7
Fumier de cheval	0.6	0.1	0.5
Fumier de porc	0.4	0.1	0.5
Fumier de poule	1.0	0.4	0.6
Fumier de lapin	2.4	0.5	0.05
Déchets	1.0	1.0	1.0
Cendre de bois	0.0	0.5	10.0

(CHAREF et ZAIDI, 2021)

C. Engrais organo-minéraux

Sont des composés de matières minérales ainsi que d'un minimum de 25% de substances organiques d'origine animale ou végétale. C'est donc un mélange d'engrais minéraux et d'engrais organiques, tout en complémentarité. Les éléments minéraux vont apporter aux plantes des nutriments rapidement disponibles et les éléments organiques vont enrichir les sols pour restituer les nutriments en seconde phase (BENHASSINE et DEKDOUK, 2019).

III.2.2.2. Selon la nature physique

Les engrais peuvent être gazeux comme l'ammoniac anhydre, liquides comme l'urée ammonium nitrate, où, le plus habituellement solides, les engrais solides se présentent en poudre en cristaux, en perle ou en granulés (FOUCHECOURT et al., 2001 in MEKIRCHA, 2008).

III.2.2.3. Selon le nombre d'éléments fertilisants

On distingue les engrais simples et les engrais composés :

A. Engrais simples

Ne contiennent qu'un seul élément fertilisant majeur, c'est le cas du nitrate d'ammonium NH_4NO_3 (PERRIN et SCHARFF, 2002 in KHELIFA et BENFEDILA, 2013).

B. Engrais composés

Peuvent être binaires et contenir les couples NP, NK ou PK ou ternaires avec la présence simultanée des trois éléments fertilisants majeurs NPK.

III.2.2.3. Selon la nature d'éléments majeurs

A. Engrais azotés

Proviennent de la synthèse de l'ammoniac à partir de l'azote de l'air et d'hydrogène. L'ammoniac gazeux peut être utilisé comme engrais mais il doit être conservé dans des cuves réfrigérées et sous pression et être injecté directement dans le sol. Pour fabriquer des engrais plus faciles à utiliser, on combine l'ammoniac sous forme de sel ou d'urée ou on l'oxyde en nitrate en le brûlant avec l'oxygène de l'air (**BENCHEIKH et CHAALAL, 2022**).

B. Engrais phosphatés

Sont fabriqués à partir des roches phosphatées qui sont extraites de la terre. Les phosphore présent dans ces roches n'est pas disponible pour les plantes surtout dans les sols basiques. Pour rendre le phosphore soluble, ces roches sont attaquées avec l'acide sulfurique pour produire de l'acide phosphorique (**BAHRI et AGGAB, 2020**).

C. Engrais potassiques

Ont tous la même efficacité du point de vue du potassium : le choix s'effectuera plutôt est fonction de la culture et la nature de l'anion associé (sulfate ou chlorure par exemple). Le chlorure de potassium présente, par ailleurs, un indice de salinité 2 à 3 fois plus élevé que le nitrate ou le sulfate de potasse ; il sera donc important d'éviter dans la majorité des sols à risque de salinité ou pour les cultures sensibles au sels ; les ajouts de ces engrais (**SEID, 2019**).

III.2.3. Méthodes d'application des engrais

Les engrais peuvent être apportés aux cultures, en pulvérisation foliaire et dans l'eau d'irrigation (Fertigation). Les caractéristiques de ces produits doivent avoir :

- Une grande solubilité dans l'eau.
- Une pureté de la solution fertilisante : les impuretés peuvent provenir de la solubilisation d'un des produits utilisés ou de la réaction de plusieurs produits. Elles provoquent l'obstruction du réseau d'irrigation (tuyaux, émetteurs, ...).

Ces problèmes peuvent être aggravés par la présence d'algues et de microorganismes variés dans l'eau d'irrigation.

- Une compatibilité entre les produits utilisés de sorte à éviter la formation de composés insolubles (MOUGHLI, 2000 in SOUALMIA, 2014 et SOUFIA, 2017).

III.2.4. Utilisation des engrais

III.2.4.1. Dans le monde

La consommation mondiale d'éléments fertilisants s'est élevée à 179,4 milliards de kilos en 2007 : 61,6% d'azote, 23,1% de phosphates, et 15,3% de potasses (AMIROUCHE, 2020). L'utilisation des engrais azotés est plus répandue dans les cultures céréalières, telles que le blé, le maïs et le riz, qui ont des besoins élevés en azote pour leur croissance et leur rendement (CHADDA, 2023).

III.2.4.2. En Algérie

L'Algérie utilise peu d'engrais comparativement à d'autres pays africains. L'utilisation reste stabilisée autour de 45 unités d'élément nutritifs/hectare. Actuellement, l'agriculture algérienne ne consomme que 100000 tonnes d'éléments fertilisant alors que selon la moyenne mondiale, la consommation devrait se situer à 850000 tonnes par an (MEZRAI, 2020).

Dans toutes les conditions, l'engrais azoté reste le plus utilisé, probablement de par son effet instantané et remarquable sur les cultures de céréales et dont l'impact sur la culture est mesurable (visible), à l'inverse des autres engrais dont l'effet sur les cultures n'est pas apparent (FAO, 2005).

III.2.5. Impact les intrants agricoles sur les ressources hydriques

L'utilisation massive des engrais et des produits chimiques de traitement des plantes détruit la vie dans les rivières et rend impropres à la consommation humaine, et parfois animale, les eaux superficielles et souterraines', alors que les professionnels agricoles ont longtemps nié l'impact de leur activité sur la qualité de l'eau et refusé la moindre contrainte. Le transfert des engrais et pesticides à la nappe se fait soit par infiltration sur l'ensemble de la surface cultivée, soit par rejet dans des puits perdus, des gouffres et bétoires (BEAUCHAMP, 2006).

La pratique de l'irrigation accélère le transfert. Une pollution ponctuelle commune est fournie par les eaux de rinçages des récipients et appareils d'épandage. L'épandage des boues de stations d'épuration pose problème par leur charge possible en métaux lourds et germes, en plus de leur richesse en azote résiduelle après culture (BEAUCHAMP, 2006).

III.2.5.1. Principaux polluants liés à la sur fertilisation minérale et organique

A. Nitrate

A.1. Définition des nitrates

Les nitrates sont des éléments chimiques très solubles et facilement drainés par les eaux de ruissellement ou d'infiltration vers les nappes s'ils ne sont pas consommés par la végétation ou réorganisés dans la matière organique du sol. Ils sont aujourd'hui la cause majeure de pollution de l'eau (BOULIER, 2011). Les plus nocifs sont les composés de l'azote, nitrates (NO_3^-) et nitrites (NO_2^-).

A.2. Sources des nitrates

La présence de nitrates dans les eaux continentales provient à 66 % de l'agriculture, suite à l'épandage de doses massives d'engrais azotés et de lisier (effluents d'élevage), les zones les plus atteintes étant les plaines alluviales qui récoltent les eaux des grands bassins versants et sont des lieux privilégiés d'agriculture intensive. Le reste est issu des rejets des collectivités locales (22 %) et de l'industrie (12 %) (TOUATI, 2021).

A.3. Transfert des nitrates

L'azote des engrais minéraux se présente sous forme de nitrate ou d'ammonium, deux formes très facilement assimilables par les plantes. Dans des conditions de pratiques normales, l'azote des engrais minéraux est assimilé dans l'année par la culture en place. Une application mal maîtrisée peut cependant conduire à des excédents de nitrate dans le sol, lesquels peuvent migrer vers les nappes ou les eaux de surface entraînant leur pollution (BOUGUETTATTAYA, CHEKIMA et CHOUIA, 2015).

B. Phosphate

B.1. Définition

Le phosphate est un composé chimique vital pour la vie sur Terre, jouant des rôles essentiels tant dans les processus biologiques que dans l'industrie. Il est largement répandu dans la nature et sa présence est cruciale pour la croissance des plantes, la formation des os et le stockage d'énergie.

B.2. Sources

Les phosphates rejetés dans l'environnement proviennent des sources agricoles (engrais) et industrielles, de déjections humaines et de détergents ou lessives phosphates in (BOUGLOUF et SEBBAGH, 2020).

C. Sulfates et chlorures

Sont naturellement présents dans l'eau souterraine (dissolution des sels minéraux des réservoirs). Les chlorures, par leurs persistances dans tous les milieux, constituent d'excellents traceurs naturels. Leur teneur maximum dans l'eau potable est fixé à 250mg/l (BAPTISTE et RABEL, 1955 in BOUGLOUF et SEBBAGH, 2020).

D. Micropolluants

La contamination diffuse des eaux souterraines par divers types de produits utilisés dans le cadre des activités agricoles représente un problème environnemental majeur car la dégradation progressive de la qualité de ces eaux menace à moyen ou à long terme leur fonction de ressource en eau potable. La gestion ou le contrôle de cette forme de pollution est rendue difficile à la fois par son caractère non localisé et par le fait qu'elle est le fruit d'une accumulation progressive, le constat de pollution tout comme celui de l'effet de mesures correctives n'étant souvent possible qu'après un délai de plusieurs années (SOUTTER et MUSY, 1997).

Deuxième partie
Travail expérimental

Chapitre I

Contexte de l'étude

CHAPITRE I – PRESENTATION DE L'ETUDE

I.1. Problématique

La qualité chimique de l'eau constitue, en plus de l'aspect quantitatif un problème tout aussi préoccupant. La qualité des eaux s'est dégradée comme les autres paramètres de l'environnement, en conséquence de plusieurs facteurs (**BOUDJAJDA et al., 2003**) :

- ✓ La majorité des unités industrielles est dépourvue d'infrastructure de prétraitement et leurs rejets ne font l'objet d'aucun contrôle ;
- ✓ Les rejets des réseaux d'assainissement se font à ciel ouvert dans les oueds et atteignent donc facilement les nappes phréatiques ;
- ✓ Les agriculteurs réalisent leurs travaux d'amendement de manière empirique par manque de soutien technique, ce qui fournit à l'environnement des quantités incontrôlées de nitrates en particulier ;
- ✓ L'absence d'une véritable politique environnementale.

En Algérie, l'eau est une ressource fondamentalement préoccupante du fait de sa rareté et du développement économique et social désordonné. Cela entraîne une suite de problèmes de gestion au sens large : pertes, gaspillages, traitements aléatoires, dégradations et manque de protection de la ressource, qui s'ajoutent aux conditions naturelles défavorables (**BOUDJAJDA et al., 2003**). Ces dernières décennies, les ressources en eau en Algérie sont fortement affectées par les activités anthropiques (industrielles, agricoles) ainsi que l'urbanisme rapide. Par conséquent, une grande partie d'eau douce est contaminée par la présence de différents types de polluants, éléments organiques, métalliques et biologiques. Cette pollution est à l'origine de nombreux problèmes graves pour l'homme et pour son environnement (**BENKADDOUR, 2018**).

En effet, la complexité de la problématique des ressources en eau en Algérie et particulièrement celle du Nord du pays dont notre région d'étude est due :

- ✓ Aux caractéristiques naturelles et la répartition de population : Cette région représentant à peine 7 % de la surface du pays, soit 166 721 km², reçoit cependant 92 % des écoulements. La tranche pluviométrique la plus intéressante (supérieure à 700 mm/an) n'y concerne que 30.103 km² et seulement 7 % des bassins versants nécessitant un traitement contre l'érosion ont été pris en charge en 1985 (**ARRUS et al., 1985 in BOUDJADJA, 2003**). D'autre part, près de 60 % de la population du

pays sont concentrés sur cette partie du territoire national (**Office National des Statistiques : recensements de 1966, 1977, 1987 et 1994**).

- ✓ A la connaissance précise de l'état des ressources hydriques qui reste à parfaire en raison de l'information fragmentaire au niveau des grandes structures publiques et la mauvaise coordination qui existe entre elles.
- ✓ Au mauvais recyclage par manque de maîtrise des stations d'épuration qui s'est traduit par l'arrêt provisoire de la quasi-totalité des stations existantes. Problèmes aux conséquences dramatiques particulièrement dans les grandes willayas (préfectures) relativement industrialisées (**KHOUTI et al., 1995 in BOUDJADJA, 2003**).

L'état de plus en plus désastreux des ressources hydriques dus à la pollution de l'eau a poussé de nombreux scientifiques à étudier l'impact de la pollution sur la qualité des milieux aquatiques. De nombreux travaux de recherche se sont focalisés sur la relation entre les activités anthropiques et la pollution des eaux et de sédiments dans le monde entier.

L'Algérie n'a pas fait exception, de nombreuses études ont été menées dans le but d'évaluer l'influence de la pollution sur les ressources hydriques. **RACHEDI et AMARCHI** ont étudié l'impact des rejets urbains de la ville d'Elhadjar sur la qualité de l'eau de l'Oued Meboudja situé à l'est de l'Algérie.

CHAOUI et al., ont également étudié la qualité des eaux superficielles et souterraines de la région de Bouchegouf (Guelma). **HAMAIDI-CHERGUI et al.**, ont réalisé une étude préliminaire sur les paramètres physico-chimiques et le phytoplancton de la rivière Chiffa (Blida). **DJAMAI et al.**, ont effectué une étude qualitative et quantitative des eaux superficielles et souterraines de la rivière Sebao (**BENKADDOUR, 2018**). Par contre, d'autres travaux scientifiques ont traité le problème de la pollution dans la phase sédimentaire, lieu important de piégeage des contaminants à l'état de traces, et de leur transfert vers la colonne d'eau.

La complexité du problème de contamination des ressources hydriques nous laisse poser beaucoup de questions à propos de (**BOUDJADJA, 2003**) :

- ✓ **Ressources** : Sont-elles toutes connues ? Sont-elles renouvelables ? Peut-on définir de nouveaux sites de mobilisation (barrages) ?
- ✓ **Besoins** : Quels seront-ils et quel sera le taux de satisfaction des besoins ?

- ✓ **Gestion** : Identification des sources de dégradation ? Problème des pertes et remèdes possibles ? Traitement des eaux et réutilisation des eaux réhabilitées ? Protection de l'environnement ? Quelle gestion permet-elle la conservation des ressources ?
- ✓ **Quels ordres sont les difficultés** : scientifiques ? techniques ? réglementaires ?, financiers ? compétence ?

Notre travail rentre dans le cadre de la même problématique de pollution des milieux aquatiques, il a comme objectif d'essayer d'étudier l'état de contamination des eaux de l'Oued Guebli à Sidi Mezghich dans la région de Skikda.

I.2. Objet de l'étude

L'agence nationale pour la protection de l'environnement et la lutte contre la pollution (ANPEP) estime les déchets industriels en Algérie à un million de tonne par an. 400.000 tonnes (40%) sont considérées comme toxiques et dangereuses dont 8% sont jugées comme étant encore plus dangereuses. La zone Est est classée comme la plus polluée du pays avec 55% du chiffre global.

Concernant le rejet des déchets industriels dans les cours d'eau, la wilaya de Annaba est classée première avec 50 %, suivie de la wilaya de Skikda avec 10 % de rejets. En effet, l'ANPEP insiste sur la gestion rationnelle des déchets toxiques qui menacent la vie des citoyens et détériorent la qualité des eaux.

Suite au tissu industriel très dense, les eaux de la wilaya de Skikda sont menacées par la dégradation de leur qualité ce qui a permis par la suite le non-respect des normes portant sur la qualité de l'eau dans ses différents usages. Par ailleurs, les concentrations élevées des nitrates et des phosphates trouvées dans les eaux confirment la pollution qui est due principalement à l'épandage excessif des engrais.

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature géologique des terrains rencontrés sur leur parcours. Par l'intermédiaire de dissolutions et attaques chimiques, l'eau est sans cesse en interaction avec les éléments constitutifs des terrains traversés. D'autre part, à l'interface eau air de nombreux échanges contribuent à charger l'eau en gaz dissous (azote, oxygène...). Par ailleurs, ce chimisme peut réagir avec les rejets industriels qui vont mener par la suite aux changements du faciès chimique de ces eaux.

Pour cela nous avons jugé utile d'étudier la qualité physico-chimique des eaux d'une des ressources hydriques superficielles de la région de Skikda afin de déterminer l'état de santé écologique de cette ressource et ce à travers un ensemble d'analyses physico-chimiques des échantillons prélevés et le suivi d'un nombre d'indicateurs de contamination hydrique et la comparaison des résultats obtenus avec les normes et les valeurs limites.

Cette évaluation de la qualité des eaux, concerne les échantillons d'eau de surface prélevés de l'oued Guebli sur son trajet passant la commune de Sidi Mezghiche. Dans le but de détecter toute source de contamination et essayer de proposer quelques hypothèses relatives aux origines de la contamination si elle existe et contribuer en premier pas à trouver des solutions ou des propositions pour d'autres travaux.

I.3. Résultats attendus

La méthode adoptée pour l'évaluation de la qualité des échantillons d'eau, basée de l'indice de l'altération des eaux par les matières organiques et oxydables, qui est souvent utilisé pour les eaux superficielles (LECLERCQ et MAQUET, 1987). Et qui consiste à calculer un indice de qualité global pour chaque altération définie pour les paramètres représentatifs de cette altération. Nous allons obtenir pour chaque échantillon et chaque répétition une valeur qui va être comparée aux normes de potabilité permettant de déterminer par la suite le niveau d'altération (très bonne qualité, bonne, moyenne, mauvaise et très mauvaise).

Paramètres	Unité	Très bonne	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
O ₂ dissous	mg/l	> 8	6	4	3	< 3
O ₂ (%)	%	90	70	50	30	< 30
DBO ₅	mg/l (O)	3	6	10	25	> 25
COT	mg/l (C)	5	7	8	12	> 12
DCO	mg/l	20	30	40	80	> 80
NH ₄	mg/l (N)	0.5	1.5	2.8	4	> 4
Indice	%	100/80	80/60	60/40	40/20	20/0

Grille de qualité des eaux superficielles et leurs indices (BENRABAH, 2006)

Chapitre II

Cadre géographique et sites de l'étude

CHAPITRE II – CADRE GEOGRAPHIQUE ET SITES DE L'ETUDE

Dans ce chapitre nous allons présenter les différents sites de réalisation de la partie pratique de notre travail. Il s'agit de L'oued Guebli siège des prélèvements de nos échantillons d'eau et sujet de notre étude ; et les stations au sein desquelles nous avons effectué l'ensemble des analyses physicochimiques des échantillons d'eau.

II.1. Présentation de la région d'étude

II.1.1. Situation géographique

La wilaya de Skikda se situe dans le nord-est de l'Algérie, elle est limitée au nord par la mer Méditerranée, à l'est par la wilaya de Annaba, à l'ouest par la wilaya de Jijel, au sud par Constantine et Guelma, et par Mila au Sud-ouest, entre les altitudes $36^{\circ} 5' N$ et $36^{\circ} 15' N$ et les longitudes $7^{\circ} 15' E$ et $7^{\circ} 30' E$. Couvrant une superficie totale de $4137,68 \text{ km}^2$ avec une frange littorale de 142 Km de long, représentant ainsi 12% du littoral algérien (BEN ALI, 2015).

II.1.2. Géologie et géomorphologie

Le relief de la région de Skikda est assez accidenté, et plus particulièrement dans la partie littorale et le massif de Collo. Ce relief est caractérisé par des plaines représentent la surface totale de la wilaya, et concentré au niveau des régions de Skikda, Collo, Ain Charchar et Ben Azouz. Ces plaines résultent des débouchés de oued Guebli, oued Saf-Saf et oued El Kbir (LIFA et al., 2011 in MOHAMED BEN ALI, 2015).

II.1.3. Climat et végétation

Le climat qui règne sur la région de Skikda est un climat sub-humide à humide tempéré relativement doux, influencé par la mer méditerranée, caractérisé par deux saisons distinctes :

- ✓ Une saison un peu froide et humide, qui s'étale du mois d'octobre jusqu'au mois d'avril, elle est caractérisée par une température moyenne de l'ordre de $14^{\circ}C$.
- ✓ Une saison chaude et sèche allant du Mai jusqu'à Septembre caractérisée par une température moyenne $22^{\circ}c$. La température moyenne annuelle de l'ordre de $18^{\circ}C$. Ces conditions climatiques imposent le développement d'une végétation typique dans la région.

On trouve surtout des cultures maraîchères et la céréaliculture ainsi que des orangeraias et des vignes, les montagnes sont couvertes de maquis et des chaînes liège. (MOHAMES BEN ALI, 2015).

II.1.4. Réseau hydrographique

La région de Skikda est traversée par trois principaux cours d'eau à l'Est Oued Kébir, à l'Ouest Oued Guebli, et au centre Oued Saf-Saf.

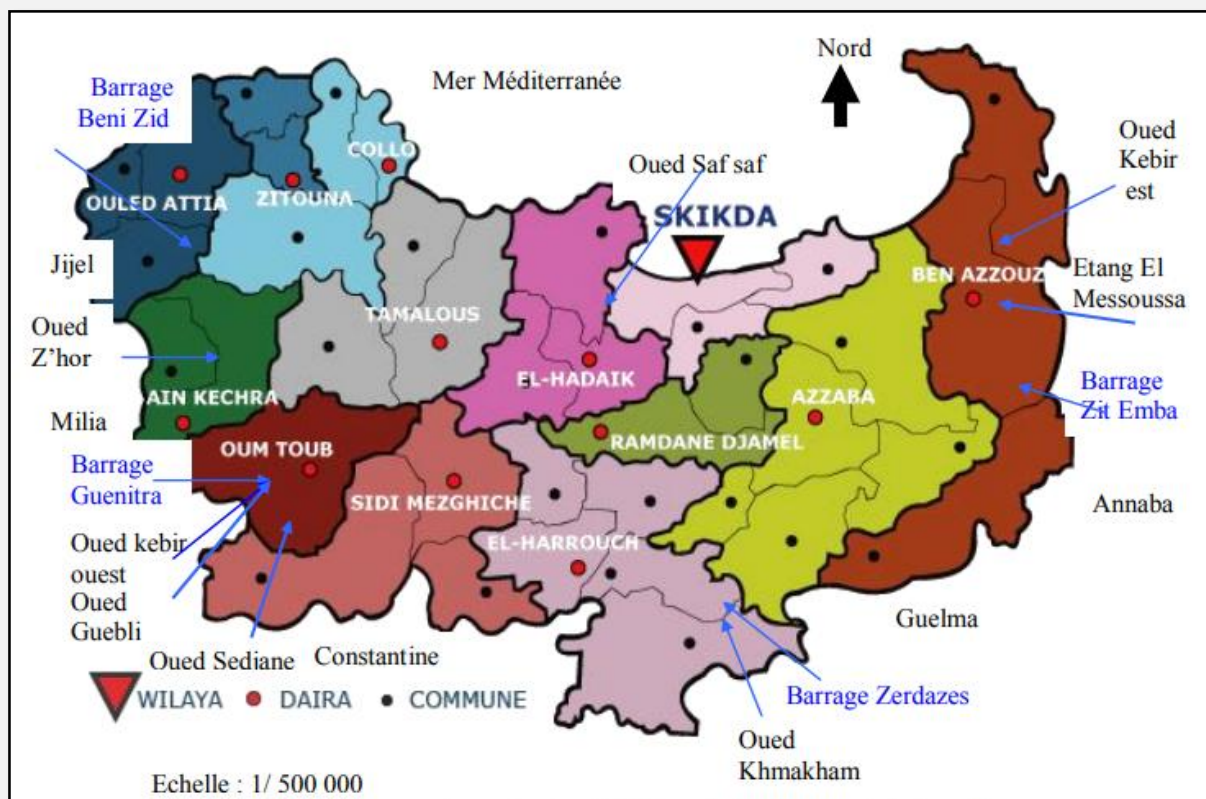


Figure 03. Carte représentant la région de Skikda, ses limitations territoriales et les situations des 4 barrages, 9 oueds et 3 étangs (TANDJIR, 2010)

II.2. Présentation de la zone d'échantillonnage

Le bassin versant de l'Oued Guebli, appartient au bassin côtier constantinois centre (code N°03). Il est drainé par l'Oued Guebli et ses affluents. Ce bassin s'étend du 6° 23' au 6° 47' de longitude Est et du 36°35' au 36°58' de latitude Nord. Il couvre une superficie de 993 Km² et il se trouve presque totalement inclus dans le territoire administratif de la wilaya de Skikda. Le Guebli est limité au Nord, par la mer Méditerranée, au Sud et Sud-Ouest par le bassin versant d'Oued-Rhumel, à l'Est par le bassin versant de l'Oued Saf Saf et le bassin versant de l'Oued Bibi, au Nord-Ouest par le bassin versant des zones côtières Cap Bougaroun.

L'oued Guebli, principal cours d'eau des petits bassins côtiers indépendants de l'Algérie orientale provient de la jonction de deux Oueds : l'Oued Fessa et l'Oued Khanga. L'Oued Guebli se déverse dans la Méditerranée au voisinage de la ville de Collo. Sur le plan administratif cinq daïras appartiennent à ce bassin sont : Collo, Tamalous, Ain Kechra, Oum Toub, et Sidi Mezghiche la partie de l'oued concernée par notre étude (MECIBAH, 2013).

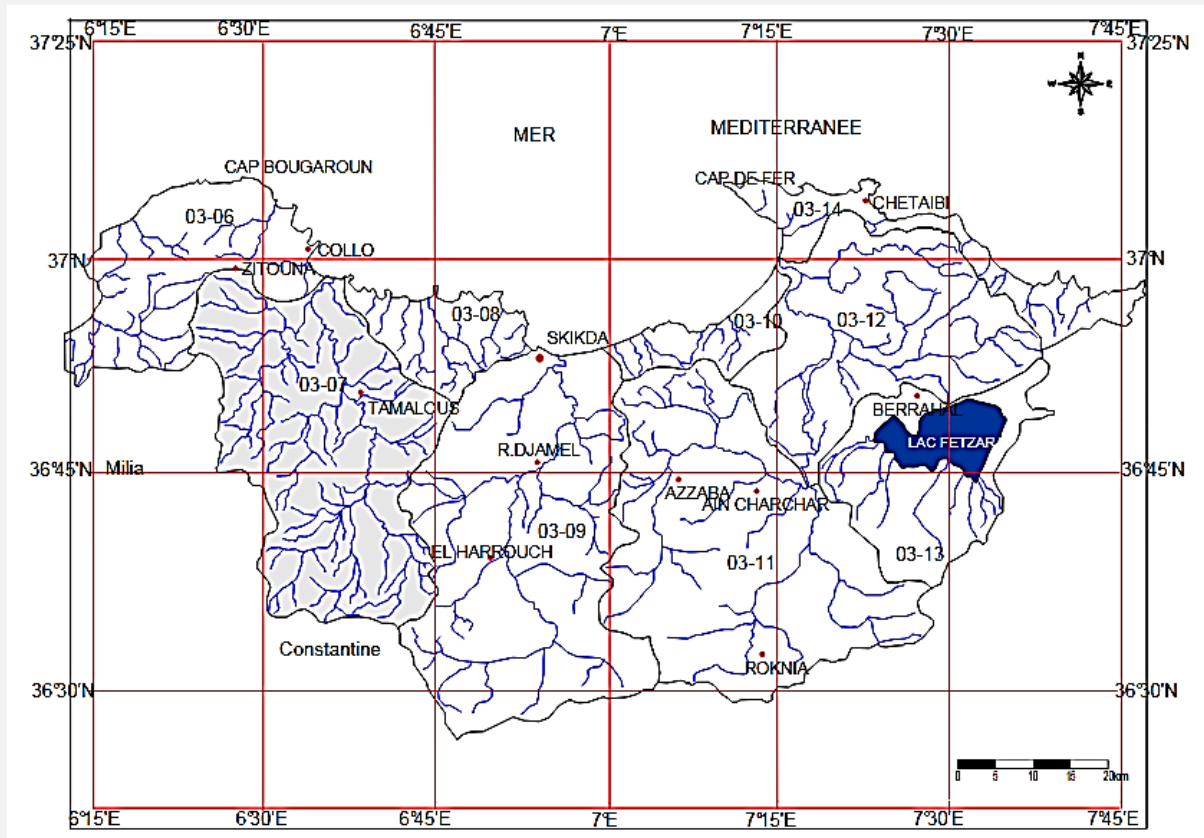


Figure 04. Situation géographique du bassin versant de l'oued Guebli (MECIBAH, 2013)

II.2.1. Géologie et géomorphologie

Notre terrain d'étude se situe dans l'ensemble géologique de l'Atlas tellien oriental. Ainsi la petite Kabylie est formée de plusieurs ensembles géologiques séparés par des contacts anormaux. On y distingue du Nord au Sud, le socle Kabyle, la chaîne calcaire, les séries des flyschs, les séries telliennes. Et ces séries sont recouvertes localement par les argiles et les grès numidiens, les formations continentales post-nappes et le Pliocène marin.

D'autre part le socle Kabyle, la chaîne calcaire, le domaine des flyschs, l'Oligo-Miocène Kabyle et numidien, constituent les zones internes, alors que le domaine tellien et le Miocène post-nappes constituent les zones externes, dans le domaine maghrébin (MECIBAH, 2013).

II.2.2. Climat et végétation

Le bassin versant de Guebli est soumis à un climat méditerranéen subhumide à hiver tempéré, avec 1574.56 mm de précipitation à Zitouna, 852.89 mm à Tamalous, et des températures de l'ordre de 18.49. L'étude de l'occupation du sol du bassin versant de Guebli nous a permis de dégager les différents domaines d'occupation, le domaine forestier avec 46.94%, le domaine agricole avec 36.09%, les terres improductifs non affectées à l'agriculture avec 12.44%, et les terres bâties avec 4.53%.

Le domaine forestier et le domaine agricole occupent la majorité de la superficie totale. L'analyse morphométrique du bassin versant de l'Oued Guebli nous a permis de dégager les principaux paramètres qui ont une influence certaine sur le dynamisme des eaux qui y circulent ; Une forme allongée ce qui fait que les eaux précipitées mettent plus de temps pour atteindre l'exutoire ceci est confirmé par les résultats du temps de concentration qui est de 13.88 h c'est une importante durée pour l'évacuation des crues.

La densité de drainage est de 4.15 km/km², ce qui entraîne un ruissellement rapide des eaux < surtout que le bassin est caractérisé par un relief fort (250 500m) < Ds Pour les apports liquides : un apport moyen annuelle de l'ordre de 157.31 hm³ /an.

II.3. Présentation des sites de prélèvement des échantillons d'eau

Les échantillons d'eau ont été prélevés sur quatre points de l'oued sur son lit passant de la daïra de Sidi Mezghiche vers la daïra de Collo (Figure 05) :

1^{er} site : La ville agricole à Béni Oualbène : **36°33'15" N et 6°14'04" E**

2^{ème} site : El khenka à Sidi Mezghich : **36°40'57" N et 6°40'48" E**

3^{ème} site : Lekhmis à Tamalous : **36°50'52" N et 6°40'12" E**

4^{ème} site : Ben Zouit à Kerkera : **36°58'19" N et 6°35'51" E**

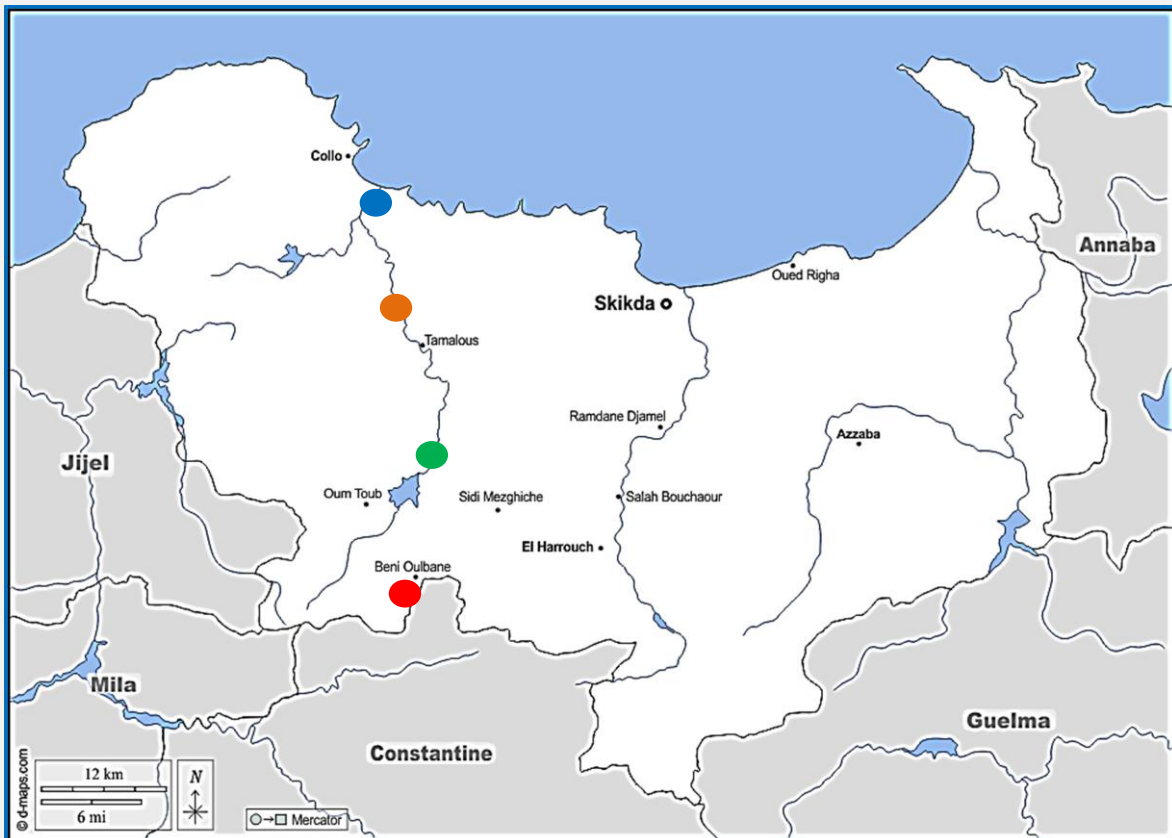


Figure 05. Situation géographique des points de prélèvement d'eau sur l'oued Guebli (MECIBAH, 2013)

II.4. Présentation des stations d'analyse des échantillons d'eau

II.4.1. Présentation de la première station - RA2/K de SONATRACH

Le complexe Topping de Condensat RA2K est situé dans l'enceinte de la zone industrielle de Skikda, à l'Est de la ville de Skikda, en dehors du tissu urbain, dans le périmètre de l'ancien aéroport, Entré en service en 2009. La raffinerie de condensat (RA2K) de Skikda est un "atout maître" de la stratégie de SONATRACH pour soutenir l'économie et la sécurité énergétiques de l'Algérie.

RA2/K s'assure que tous les rejets, après traitement, respectent scrupuleusement les normes réglementaires, un processus est validé par des analyses finales effectuées par le laboratoire de la raffinerie, garantissant ainsi la conformité des rejets avec les normes environnementales en vigueur.

II.4.2. Présentation de la deuxième station - Algérienne Des Eaux (ADE)

La deuxième station au sein de laquelle nous avons réalisé nos analyses d'eau est bien la station de traitement des eaux de HAMADI KROUMA qui fait partie de l'algérienne des eaux EPDMIA (entreprise publique d'eaux ménagères industrielles et assainissement).

Elle se situe au sud de la commune de HAMADI KROUMA à 6 km de la ville de SKIKDA, de capacité de 86420 m³; étendue sur une surface de 7 hectares. La station a été mise en service en juin 1979 et réalisée le 17/01/1973 par une société belge OPC (organisation des contrôles et de pollution) (**DAD, 2013**).

Chapitre III

Méthodologie d'étude

CHAPITRE III – METHODOLOGIE D'ETUDE

III.1. Prélèvement, conservation et préparation des échantillons d'eau

III.1.1. Prélèvement des échantillons d'eau

Les échantillons d'eau ont été prélevés dans des bouteilles en polyéthylène de 1,5 L préalablement nettoyées à raison de trois bouteilles soit trois prélèvements par point de prélèvement. Les différents prélèvements d'eau ont été réalisés dans les berges des cours d'eau à 3 distances différentes sur la largeur afin d'avoir un échantillon représentatif du site.

III.1.2. Conservation des échantillons d'eau

Tous les échantillons ont été transportés rapidement afin d'être conservés à 4°C et à l'obscurité avant analyse.

III.1.3. Préparation des échantillons d'eau

Au laboratoire, les 3 bouteilles de chaque point d'échantillonnage ont été mélangées afin d'obtenir un échantillon composite. Ensuite, les échantillons composites ont été divisés en différentes parties pour les analyses physico-chimiques (**BENKADDOUR, 2018**).

III.2. Analyses des paramètres physico-chimiques

III.2.1. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène (H) présents dans l'eau ou la solution, les valeurs de pH doivent être comprises entre : 6,5 et 8,5. Il est mesuré à l'aide d'un pH mètre, le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H⁺ (**BOUDJEMA et al., 2020**). Dans notre cas il a été mesuré à l'aide d'un Multi-paramètre (hach sl 1000) (Photo 01).



Photo 01. Multi-paramètre (hach sl 1000) (Photo personnelle)

Appareils et matériel utilisés

- ✓ Multi-paramètre (hach sl 1000).
- ✓ Récipient contient l'eau à analyser.
- ✓ Eau déminéralisée.

Mode opératoire**A. Etalonnage de l'appareil**

- ✓ Allumer le Multi-paramètre (hach sl 1000).
- ✓ Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- ✓ Prendre dans un petit bécher, la solution tampon pH = 7.
- ✓ Agiter bien la solution.
- ✓ Tremper l'électrode de pH dans la solution tampon pH = 7.
- ✓ Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard 2.
- ✓ Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée.
- ✓ Ré-étalonner de la même manière avec les solutions tampon pH = 10 ou 4.
- ✓ Puis rincer abondamment l'électrode avec l'eau distillée.

B. Dosage de l'échantillon

- ✓ Prendre environ 100 ml d'eau à analyser.
- ✓ Agiter la solution bien.
- ✓ Tremper l'électrode dans le bécher.
- ✓ Laisser stabiliser un moment.
- ✓ Puis noter le pH. (**Office National d'assainissement**)

III.2.2. Conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité se ramène à celle de la résistance d'une colonne d'eau, à cet effet on utilise un conductimètre. La conductivité est fonction de la température, toute mesure de la conductivité électrique doit donc se faire à une température connue et stabilisée. En général les résultats sont mesurés à 20°C. (**BOUDJEMA et al., 2020**). L'appareil utilisé pour la mesure de la conductivité électrique de nos échantillons d'eau est toujours le multi-paramètre (hach sl 1000) (Photo 01).

Appareils et matériel utilisés

- ✓ Récipient contient l'eau à analyser.
- ✓ Eau déminéralisée.
- ✓ Multi-paramètre (hach sl 1000).

Mode opératoire

- ✓ On allume le Multi-paramètre (hach sl 1000).
- ✓ Rincer plusieurs fois l'électrode de l'appareil avec de l'eau drillée.
- ✓ Plonger l'électrode dans le récipient qui contient l'eau à examiner en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée.
- ✓ Laisser stabiliser un moment.
- ✓ Puis noter la conductivité (**Office National d'assainissement**).

III.2.3. Dosage des sulfates (SO_4^{2-}) méthode Néphélométrie AFNOR NF T90-040

Les sulfates sont dosés par néphélométrie selon la méthode **AFNOR (T90-040)**. Les ions sulfates réagissent en présence de chlorure de baryum en milieu acide chlorhydrique pour former un précipité de sulfate de baryum, qui est stabilisé à l'aide d'un agent stabilisant qui absorbe à la longueur d'onde de 650 nm. Pour ce paramètre on a réalisé 3 répliques de mesure (**BENKADDOUR, 2018**).

Appareils et matériel utilisés

- ✓ Spectrophotomètre (hach DR 2500) (Photo 02).

Mode opératoire

- ✓ Détermination des sulfates (par spectrophotométrie)
- ✓ 100 ml d'eau à analyser (échantillon)
- ✓ 05 ml de la solution stabilisante
- ✓ 02 ml de chlorures de baryum
- ✓ Agiter énergiquement pendant 01mn



**Photo 02. Spectrophotomètre (hach DR 2500)
(Photo personnelle)**

III.2.4. Dosage des nitrites (NO_2^-)

Le principe du dosage est basé sur la réaction de Griess (Di-azotation d'une amine primaire aromatique en présence d'un nitrite en milieu acide puis copulation avec une autre amine aromatique) :

1. Action du nitrite (NO_2^-) sur la sulfanilamide en milieu acide et formation d'un sel de diazonium.
2. Réaction du sel de diazonium sur le *N*-(1-Naphtyl) éthylène diamine (NED) en milieu chlorhydrique ($\text{pH} < 2$).

Le composé final est rose et peut donner lieu à un dosage colorimétrique (**TCE.AC-MONTPELLIER**).

Appareils et matériel utilisés

- ✓ Spectrophotomètre DR 2800.
- ✓ Réactif NitriVer 3 Nitrite.

Mode opératoire

- ✓ Nitrite avec pastilles 0,01 - 0,5 mg/l N
- ✓ Verser 10 ml d'échantillon dans une cuvette propre de 24 mm et fermer le couvercle de cuvette.
- ✓ Mettre la cuvette dans la chambre de mesure.
- ✓ Appuyer sur la touche ZÉRO.
- ✓ Retirer la cuvette de la chambre de mesure.
- ✓ Ajouter une pastille de NIRITE LR directement de l'emballage protecteur dans l'échantillon de 10 ml et l'écraser à l'aide d'un agitateur propre.
- ✓ Refermer la cuvette avec le couvercle et mélanger le contenu en agitant jusqu'à dissolution complète de la pastille.
- ✓ Placer la cuvette dans la chambre de mesure. Positionnement.
- ✓ Appuyer sur la touche TEST.
- ✓ Attendre 10 minutes de temps de réaction.
- ✓ La mesure s'effectue automatiquement après écoulement du temps de réaction.

Le résultat de la mesure s'affiche et indique le nitrite en mg/l.



Photos 03 et 04. Réactif NitriVer et Spectrophotomètre (DR 2800) (Photos personnelles)

III.2.5. Dosage des nitrates (NO_3^-)

Mesure spectrophotométrique à 415 nm des échantillons contenant des nitrates après développement d'une coloration jaune et calcul de la teneur en nitrates à partir d'une courbe d'étalonnage préétablie (SLIDEPLAYER).

Appareils et matériel utilisés

- ✓ Spectrophotomètre DR 2800
- ✓ Éprouvette graduée
- ✓ Réactif NitriVer
- ✓ réactif NitraVer 6

Mode opératoire

- ✓ Remplir une éprouvette graduée de 25 ml jusqu'au trait de 15 ml avec l'échantillon.
- ✓ Transférer le contenu d'une pochette de réactif NitraVer 6 dans l'éprouvette, Boucher l'éprouvette
- ✓ Appuyer sur l'icône représentant la minuterie.
- ✓ Appuyer sur OK.
- ✓ Une période de réaction de 3 minutes va commencer.
- ✓ Agiter énergiquement l'éprouvette pendant 3 minutes
- ✓ Transférer 10 ml de l'échantillon

- ✓ Transférer le contenu d'une pochette de réactif NitriVer 3 dans la cuve (l'échantillon préparé).
- ✓ Agiter doucement la cuve pendant 30 secondes.
- ✓ Attendre 15 min
- ✓ Préparer du blanc, remplir 10 ml de l'échantillon original.
- ✓ Allumer l'appareil DR 2800.

Le résultat de la mesure s'affiche et indique le nitrate en mg/l.

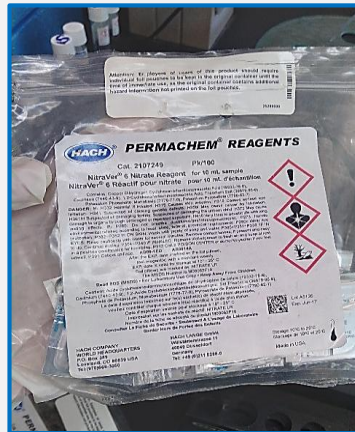


Photo 05. Réactif Nitra Ver 6 et Spectrophotomètre (DR 2800) (Photo personnelle)

III.2.6. Dosage des chlorures (Cl⁻)

Dosage volumétrique, par le nitrate d'argent, des ions de chlorures, en présence de chromate de potassium comme indicateur (**SLIDEPLAYER**).

Appareils et matériel utilisés

- ✓ Burette
- ✓ Bêchers
- ✓ Éprouvettes
- ✓ Réactifs : chromate de potassium K_2CrO_4 , nitrate d'argent $AgNO_3$

Mode opératoire

- ✓ 05 ml prise à essai.
- ✓ 02 gouttes de chromate de potassium K_2CrO_4 .
- ✓ Titration avec nitrate d'argent $AgNO_3$ jusqu'à virage du couleur rouge brique.
- ✓ $Cl^- = V \times 71$ en mg/l ($Cl^- < = 500$ mg/l) (**Algérienne Des Eaux**).



Photos 06, 07, 08 et 09. Protocole et résultat du dosage des chlorures (Photos personnelles)

III.2.7. Matières en suspension (MES)

Les MES qui comportent les matières organiques et minérales, constituent un indicateur important du degré de pollution. Elles représentent les matières qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal.

Appareils et matériels utilisés

- ✓ Spectrophotomètre DR 2800.
- ✓ Agitateur magnétique.

Mode opératoire

- ✓ Agiter 500 ml de l'échantillon dans l'agitateur magnétique.
- ✓ Verser 10 ml de l'échantillon agité.
- ✓ Préparer du blanc, remplir une seconde avec 10 ml ultra pure.
- ✓ Allumer l'appareil DR 2800 (Photo 04).

III.2.8. Demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO₅)

Mesurer la quantité d'O₂ consommée par les bactéries dans un effluent dilué, ensemencé, enrichi en nutriments, et maintenu à 20°C 5 jours dans l'obscurité (SOLIDEPLAYER).

Appareils et matériel utilisés

- ✓ Appareil DBO₅.
- ✓ Incubateur.
- ✓ Flacon coloré pour DBO₅.
- ✓ Thermomètre.

*Mode opératoire***Tableau 09. Mode d'opérateur (DBO₅)**

Plage de mesure DBO (mg/l)	Volume d'échantillon	Dosage ATH
0 - 40	428	10 Gouttes
0 - 80	360	10 Gouttes
0 - 200	244	05 Gouttes
0 - 400	157	05 Gouttes
0 - 800	94	03 Gouttes
0 - 2000	56	03 Gouttes
0 - 4000	21.7	01 Goutte

- ✓ Evaluer la plage de mesure de l'échantillon à analyser et choisir le volume d'échantillon selon le tableau.
- ✓ Ajuster la valeur de pH, filtration.
- ✓ Mesurer exactement le volume d'échantillon à l'aide du ballon de débordement et verser dans un flacon DBO on utilise un entonnoir.
- ✓ Ajouter l'inhibiteur de nitrification selon le tableau.
- ✓ Placer un barreau d'agitation dans le flacon DBO.
- ✓ Remplir le joint caoutchouc avec 3-4 gouttes de solution KOH et le placer dans le flacon.
- ✓ Visser la sonde DBO sur les flacons.
- ✓ Poser l'échantillon sur le support à flacons et démarrer l'appareil.
- ✓ Incuber l'échantillon selon la norme (DBO₅ à 20°C) (**Office National d'assainissement**).

**Photo 10. Incubateur (Thermostatique (hach BOD)) (Photo personnelle)**

III.2.9. Demande chimique en oxygène (DCO)

Appareils et matériels utilisés

- ✓ Le Réacteur DRB 200 (Photo 11).
- ✓ Spectrophotomètre DR 2800 (Photo 04).
- ✓ Pipette graduée.

Mode Opérateur

- ✓ Allumer le réacteur DRB200. Choisir la méthode pour COD. Appuyer sur START et attendre jusqu'à ce que la température arrive à 150°C.

Préparation de l'échantillon

- ✓ Pour la plage de 200 à 1500mg/l
- ✓ Enlever le bouchon de tube et prendre avec une pipette graduée 02 ml de l'échantillon et les verser dans le tube puis fermer le bouchon.
- ✓ Attendre sa stabilisation.

Préparation du blanc

- ✓ Enlever le bouchon du 2ème tube. Prendre avec une pipette graduée 02ml d'eau distillée et les verser dans le 2ème tub, puis fermer le bouchon.
- ✓ Agiter doucement les deux préparations puis les insérer dans le DRB 200.
- ✓ Lorsque température atteint 150°C.
- ✓ Allumer l'appareil DR 2800 et attendre quelques secondes (autodiagnostic).
- ✓ Aller sur programmes favoris pour choisir la méthode.
- ✓ Choisir la méthode appropriée exemple : DCO 1500 mg/l .



Photo 11. Réacteur DRB 200 (Photo personnelle)

III.2.10. Titre Alcalimétrique simple et complet (TA et TAC)

C'est pour déterminer les bicarbonates HCO_3^- , et les carbonates CO_3^{2-} , et les hydroxydes OH^- .

- ✓ $\text{TA} = [\text{OH}^-] + 1/2 [\text{CO}_3^{2-}]$
- ✓ $\text{TAC} = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$ 100 ml de la prise à essai.

Appareils et matériels utilisés

- ✓ Burette.

Mode opératoire

- ✓ 03 gouttes de phénolphtaleine ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$) :
 - S'il ya un changement vers la couleur rose pâle présence du TA.
 - Si la couleur reste transparent TA = 0 ($\text{pH} \leq 8,50$).
- ✓ On ajoute sur la solution précédente 02 gouttes de méthylorange ($\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{NaO}_3\text{S}$).
- ✓ Titration avec l'acide sulfurique H_2SO_4 jusqu'au virage au couleur orange brique : $\text{TA} = V \times 10 \text{ en mg/l}$ et $\text{TAC} = (\text{VTA} + \text{VTAC}) \times 10 \text{ en mg/l}$.

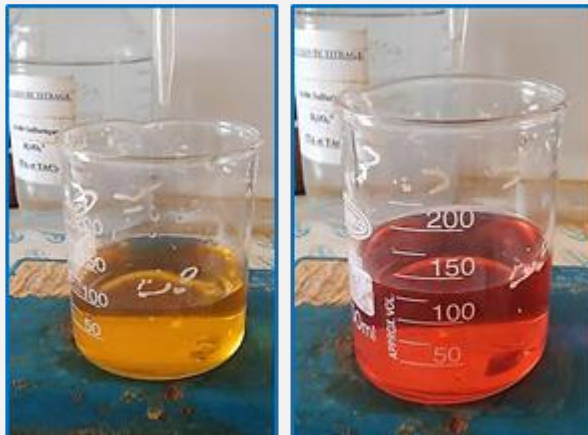


Photo 12. Réaction des échantillons après traitement (Photo personnelle)

III.2.11. Phosphore (PO_4^{2-})**Appareils et matériels**

- ✓ DR 2800.
- ✓ Réactif phos Ver 3.

Mode opératoire

- ✓ 10 ml d'eau échantillon.
- ✓ Ajouter le contenu d'un réactif phos Ver 3.
- ✓ Attendre 02 min.
- ✓ Préparation blanc, remplir 10 ml Échantillon.
- ✓ Allumer l'appareil DR 2800.

III.2.12. Calcium (Ca^{2+})**Appareils et matériels utilisés**

- ✓ Burette.

Mode opératoire

- ✓ 50 ml prise à essai.
- ✓ 02 ml de solution hydroxyde de sodium NaOH.
- ✓ Petite quantité de Murexide HSN indicateur.
- ✓ Titration avec l'EDTA Na_2 ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_8\text{Na}_2$; 21120) qui est un sel.
- ✓ disodique (acide éthylène diamine tetracétique) jusqu'au virage au couleur mauve foncé : $\text{Ca}^{+2} = V \times 10$ en mg/l.



Photo 13. Réaction des échantillons après traitement (Photo personnelle)

III.2.13. Dureté totale (THT) (Titre hydrotimétrique)

Appareils et matériels utilisés

- ✓ Burette.

Mode opératoire

- ✓ 50 ml prise à essai.
- ✓ 04 ml de solution tampon K10 (PH de K10 = 10).
- ✓ 03 gouttes de mordant noir 11 (indicateur net).
- ✓ Titration avec l'EDTA Na, ($\text{CH}_2\text{N}(\text{Na})_2 : 2\text{H}_2\text{O}$) qui est un sel disodique (acide éthylène diamine tetracétique) Jusqu'à virage du couleur blen.

$$\text{THT} = V \times 2 \times 10 \text{ en mg/l}$$



Photo 11. Réaction des échantillons après traitement (Photo personnelle)

III.2.14. Turbidité

La turbidité est un paramètre de l'eau qui est très utilisé et représentatif de la qualité de celle-ci. Elle exprime, de façon claire et rapide, la concentration en matière en suspension et de quelques autres types de contaminants précis présents dans un échantillon d'eau. Les UTN sont les unités néphélométrique et représentent la capacité à la lumière de traverser un échantillon d'eau.



Photo 11. Turbidimètre (TL 2300) (Photo personnelle)

III.2.15. Température (T °C)

Température de l'eau, est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques. Elle joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique.

Chapitre IV

Résultats et discussion

CHAPITRE IV – RESULTATS ET DISCUSSION

Les eaux de l'Oued Guebli sont généralement utilisées pour l'agriculture et la potabilisation, l'évaluation de la qualité de ces eaux à partir des différents échantillons prélevés a été faite en comparant les résultats obtenus avec les normes algériennes des eaux superficielles destinées à la potabilisation illustrées dans le tableau 10.

Tableau 10. Normes Algériennes des eaux superficielles destinées à la potabilisation

	Paramètres	Unité	Valeurs maximales
Paramètres physicochimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Chlorures	mg/l Ci	600
	Concentration en ions H ⁺		≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité	μS/cm à 20°C	2800
	Demande biochimique en O ₂	mg d'O ₂ /l	3
	Demande chimique en O ₂	mg d'O ₂ /l	30
	Matières en suspension	mg/l	25
	Sulfates	mg/l	400
	Nitrates	mg/l	50

IV.1. Potentiel hydrogène (pH)

Les valeurs de pH mesurées pour les échantillons d'eau prélevés aux quatre points d'échantillonnage sont regroupées dans le tableau 11.

Tableau 11. Valeurs du pH des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli

Sites	Point 01	Point 02	Point 03	Point 04
	Béni Oualbène (Ville agricole)	Sidi Mezghiche (El Khenka)	Tamalous (Lekhmis)	Kerkera (Ben Zouit)
PH	07.67	07.93	07.56	07.52

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité ; à pH 7 on dit que l'eau est neutre (**RODIER, 1998**). Le pH des eaux d'oued Guebli est compris entre les valeurs : 07.52 (P4) et 07.93 (P2). Les valeurs obtenues sont proches ; la différence est en générale non significative ; elles sont conformes aux normes algériennes adoptées pour les eaux superficielles (≥ 6.9 et ≤ 9).

On constate que les eaux d'oued Guebli sont en générales neutres à alcalines, ce qui permet un parfait équilibre chimique et biologique des eaux.

IV.2. Conductivité électrique (CE)

La conductivité est un paramètre qui permet l'évaluation du degré d'ionisation d'une eau. Ce paramètre dépend essentiellement de la présence des différents ions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^- , Cl^- , ...) et aussi de leurs concentrations (BENKADDOUR, 2008).

Les valeurs de conductivité électrique mesurées pour les différents échantillons sont illustrées dans le tableau 12.

Tableau 12. Valeurs de la CE des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli

Sites	Point 01	Point 02	Point 03	Point 04
	Béni Oualbène (Ville agricole)	Sidi Mezghiche (El Khenka)	Tamalous (Lekhmis)	Kerkera (Ben Zouit)
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	990	2102	1161	6151

Les valeurs enregistrées oscillent entre 990 (P1) et 6151 (P4). Selon le tableau 12, le degré d'ionisation est maximal pour les eaux du quatrième point de prélèvement dans la partie d'oued située à Kerkera (Ben Zouit) et il est au contraire minimal au niveau du premier point d'échantillonnage situé à Béni Oualbène (Ville agricole).

Les valeurs de conductivité électrique sont relativement faibles pour les échantillons prélevés des points P1 (Béni Oualbène - Ville agricole), P2 (Sidi Mezghiche- El Khenka) et P3 (Tamalous - Lekhmis). Elles ne dépassent pas la valeur maximale indiquée dans le tableau des normes algériennes fixée à $2,8 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Situées entre $0,999$ et $2,102 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$). Cependant, on note que les eaux du quatrième point de prélèvement situé à Kerkera au niveau de Ben Zouit sont trop chargées en ions, la valeur de conductivité électrique enregistrée ($6,151 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$) est fortement supérieure à la norme algérienne indiquée dans le tableau 10.

La conductivité électrique d'une eau donnée est fonction d'un certain nombre de facteurs (BENKADDOUR, 2008) dont :

La saison : L'augmentation de la conductivité en période humide est probablement liée aux précipitations qui conduisent au lessivage des sols et à la resolubilisation des sels minéraux du lit d'oued. En effet, les faibles valeurs de conductivité dans les eaux des cours d'eau en période sèche s'expliquent par l'absence des apports en sels provenant du lessivage de sols en conséquence du manque de précipitations.

La proximité de la mer révèle aussi sa forte influence en augmentant la charge des eaux les proches (Cas des eaux du quatrième point situé à Kerkera (Ben Zouit) près de la mer de Collo).

Et d'autre part, le positionnement proche des **rejets des usines** et **des stations de dessalement** d'eau qui favorise l'augmentation des concentrations en sels minéraux particulièrement le sodium.

IV.3. Dosage des chlorures (Cl⁻)

Les valeurs relatives au dosage des chlorures dans nos échantillons d'eau sont regroupées dans le tableau 13.

Tableau 13. Concentration des chlorures dans les échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli

Sites	Point 01	Point 02	Point 03	Point 04
	Béni Oualbène (Ville agricole)	Sidi Mezghiche (El Khenka)	Tamalous (Lekhmis)	Kerkera (Ben Zouit)
Cl ⁻ (mg/l)	296.23	114.16	279.33	589.93

La concentration des chlorures dans les échantillons d'eau prélevés dans l'oued Guebli est comprise entre 114.16 mg/l (P2 : Sidi Mezghiche) et 589.93 mg/l (P4 : Kerkera).

On constate après comparaisons des résultats obtenus avec la valeur maximale indiquée dans le tableau des normes algériennes (600 mg/l) que les eaux d'oued Guebli sont faiblement chargées en chlorures au niveau du deuxième point d'échantillonnage, où la concentration enregistrée est largement inférieurs à la valeur limite (111.16 mg/l) ; et sont moyennement chargées en chlorures au niveau du premier et du troisième point d'échantillonnage (279.33 et 296.23 mg/l). Les valeurs enregistrées pour les échantillons d'eau du P4 (Kerkera) sont sensiblement proches de la valeur limite (589.93 mg/l) d'où la présence des risques de pollution des eaux de l'oued en ce point par les chlorures.

Les facteurs dont la concentration des chlorures est dépendante sont particulièrement : la saison et la nature saline des sols de la zone d'étude. Pendant la saison sèche et en zones où les sols sont salins on assiste à des concentrations élevées des chlorures provoquées par l'évaporation des eaux à cause des températures élevées. Par contre, en période humide les concentrations sont moins élevées (**BENKADDOUR, 2008**).

IV.4. Dosage des sulfates (SO_4^{2-})

La teneur des eaux des échantillons prélevées dans la zone d'étude en sulfates est représentée dans le tableau 14.

Tableau 14. Concentration des sulfates dans les échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli

Sites	Point 01	Point 02	Point 03	Point 04
	Béni Oualbène (Ville agricole)	Sidi Mezghiche (El Khenka)	Tamalous (Lekhmis)	Kerkera (Ben Zouit)
SO_4^{2-} (mg/l)	200	110.66	159.33	153

Selon le tableau 14, la teneur la plus faible en sulfates est celle enregistrés pour les échantillons d'eau prélevés au niveau du deuxième site situé à Sidi Mezghiche (El Khenka) (110.66 mg/l). La teneur est maximale pour les eaux du premier site d'échantillonnage celui situé à Béni Oualbène (Ville agricole) (200 mg/l).

Les concentrations des sulfates sont largement au-dessous de la norme algérienne fixée à 400 mg.L^{-1} dans tous les sites ce qui indique que ces eaux ne représentent pas un risque de pollution par les sulfates.

Les sulfates peuvent être d'origine naturelle (dissolution des roches et de l'oxydation des minéraux sulfurés) et/ou d'origine anthropique (retombées atmosphériques et eaux usées) (HOUHOU *et al.*, 2010). Les sulfates pourraient également provenir de roches telle que le gypse (roche saline CaSO_4) et des engrais (activités agricoles) (LE PAPE *et al.*, 2013), ainsi que de déchets industriels ou artisanaux (tanneries) (KOUKAL *et al.*, 2004 in BENKADDOUR, 2008).

IV.5. Dosage des nitrites (NO_2^-)

Les valeurs de dosage des nitrites sont regroupées dans le tableau 15.

Tableau 15. Concentration des nitrites dans les échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli

Sites	Point 01	Point 02	Point 03	Point 04
	Béni Oualbène (Ville agricole)	Sidi Mezghiche (El Khenka)	Tamalous (Lekhmis)	Kerkera (Ben Zouit)
NO_2^- (mg/l)	0.065	0.027	0.194	0.170

Les concentrations en nitrites des eaux prélevées dans les différents sites d'échantillonnage sont très minimales. Elles sont pour la totalité des échantillons largement inférieures à la norme algérienne des eaux superficielles indiquée dans le tableau 10 (50 mg/l). Pour le troisième point de prélèvement (Tamalous - Lekhmis) la valeur enregistrée est largement supérieure à celle des autres sites (0.194 mg/l). Elle est au contraire la plus faible pour les eaux du site 02 situé à Sidi Mezghiche (El Khenka) (0.027 mg/l).

IV.6. Dosage des nitrates (NO_3^-)

Les valeurs de dosage des nitrates dans nos échantillons d'eau sont regroupées dans le tableau 16.

Tableau 16. Concentration des nitrates dans les échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli

Sites	Point 01	Point 02	Point 03	Point 04
	Béni Oualbène (Ville agricole)	Sidi Mezghiche (El Khenka)	Tamalous (Lekhmis)	Kerkeria (Ben Zouit)
NO_3^- (mg/l)	0.646	0.913	0.643	0.446

Les concentrations de nitrates (NO_3^-) sont largement inférieures à la norme de 50 mg. L⁻¹ dans toutes les eaux prélevées. Les eaux du premier, du deuxième et du troisième site d'échantillonnage sont les plus chargées en nitrates (0.646, 0.913 et 0.643 mg/l) alors que celles du quatrième point de prélèvement sont les moins chargées en nitrates (0.446 mg/l).

Les concentrations faibles en nitrites et en nitrates dans les sites sièges d'activités agricoles assez intensives suppose que l'azote dissous pourrait se trouver sous forme organique ou/et ammoniacale.

IV.7. Matières en suspension (MES)

Le tableau 17 montre les résultats relatifs au dosage des MES dans les échantillons d'eau prélevés dans l'oued Guebli à différents points.

Tableau 17. Teneur en MES des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli

Sites	Point 01	Point 02	Point 03	Point 04
	Béni Oualbène (Ville agricole)	Sidi Mezghiche (El Khenka)	Tamalous (Lekhmis)	Kerkera (Ben Zouit)
MES (mg/l)	24.66	12.16	33.66	25

Les valeurs de MES enregistrées dans notre cas varient entre 12.16 et 33.66 mg/l. La teneur des eaux en MES est maximale pour le P3 : Tamalous (Lekhmis) et minimale pour le deuxième site : Sidi Mezghiche (El Khenka).

A noter que pour les deux sites (P1) et (P4) la concentration des MES est sensiblement égale ou très proche de la valeur limite maximale indiquée dans le tableau des normes algériennes (25 mg/l) ; pour le site (P3) la concentration des MES est largement supérieure à la valeur limite maximale. L'eau de ce fait dans ces trois sites est trop chargée et ne répond pas aux normes de santé.

La concentration des MES dans les échantillons du deuxième site de prélèvement est inférieure à 25 mg/l, l'eau de ce fait est à ce niveau d'oued saine et répond aux normes de santé.

Les MES transportent souvent dans la colonne d'eau divers contaminants adsorbés sur les particules. Les principales sources de MES sont les activités anthropiques (agriculture, eaux usées urbaines), ou la lixiviation naturelle des sols, en particulier pendant la période humide. Les facteurs pouvant conditionner la concentration des MES dans les eaux de surfaces sont la présence des barrages en amont des sites de prélèvement. Ces barrages piègent en partie les MES par décantation et les lâchers des eaux du barrage entraînent une dilution des eaux des rivières.

Ainsi que la saison. Le débit faible de l'eau et l'évaporation de l'eau pendant la période sèche entraînant une concentration de la phase solide, ce qui induit une augmentation en MES des eaux échantillonnées (HOUHOU et *al.*, 2010 in BENKADDOUR, 2008).

IV.8. Demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO₅)

L'unité de mesure de la DBO₅ est le milligramme d'oxygène par litre d'eau nécessaire pour décomposer la matière organique pendant cette période de cinq jours. Ainsi, cette valeur exprime la charge organique potentielle présente dans l'eau, offrant des indications sur la capacité d'une ressource à maintenir un équilibre biologique sain.

Les valeurs relatives à la mesure de la DBO₅ sont regroupées dans le tableau 18.

Tableau 18. DBO₅ des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli

Sites	Point 01	Point 02	Point 03	Point 04
	Béni Oualbène (Ville agricole)	Sidi Mezghiche (El Khenka)	Tamalous (Lekhmis)	Kerkera (Ben Zouit)
DBO ₅ (mg/l)	2.8	3	2.3	1.8

La demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO₅) dans l'oued est inférieure à la valeur limite maximale indiquée dans le tableau des normes algériennes pour les eaux superficielles fixée à 3 mg/l et ce pour l'eau des échantillons du P4 (Kerkera - Ben Zouit). La demande est très proche ou égale à cette limite pour les eaux des sites : P1 (Béni Oualbène - Ville agricole), P2 (Sidi Mezghiche - El Khenka) et P3 (Tamalous - Lekhmis).

La demande biochimique en oxygène pendant cinq jours, est un indicateur crucial de la qualité de la ressource hydrique en question. Cette mesure offre des perspectives précieuses sur la présence de matière organique biodégradable, élément essentiel à l'évaluation de l'état de l'eau. C'est une mesure clé pour l'évaluation de la contamination organique.

Elle s'articule autour de la dégradation de la matière organique biodégradable par des micro-organismes, qui consomment de l'oxygène pendant une période de cinq jours. Cette dégradation simule les conditions naturelles d'épuration de l'eau, où les micro-organismes jouent un rôle vital dans l'élimination des composés organiques.

Pour notre cas les eaux étudiées sont relativement chargées en matières organiques biodégradables.

IV.9. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO ne fournit aucune information directe sur des substances isolées, mais donne une indication sur les quantités de substances chimiquement oxydables présentes dans l'eau. La DCO est un paramètre important, permettant de caractériser la pollution globale d'une eau ou des eaux usées par les matières organiques.

Les valeurs relatives à la mesure de la DCO sont regroupées dans le tableau 19.

Tableau 19. DCO des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli

Sites	Point 01	Point 02	Point 03	Point 04
	Béni Oualbène (Ville agricole)	Sidi Mezghiche (El Khenka)	Tamalous (Lekhmis)	Kerkera (Ben Zouit)
DCO (mg/l)	32	32	36.66	20.66
Rapport DCO/DBO₅	11.42	10.66	15.93	11.47

La valeur de la demande chimique en oxygène est, selon les résultats du tableau 19, importante pour les échantillons d'eau prélevés des points P1 (Béni Oualbène - Ville agricole), P2 (Sidi Mezghiche - El Khenka) et P3 (Tamalous - Lekhmis) ; elle dépasse la limite maximale indiquée dans les normes des eaux superficielles qui est de l'ordre de 30 mg d'oxygène par un litre d'eau. Elles très élevée pour les échantillons d'eau du troisième site.

Un rapport DCO/DBO₅ supérieur à 3 indique une pollution d'origine industrielle ou une présence de substances toxiques inhibant l'activité biologique. La DBO₅ d'une eau de surface non polluée varie entre 2 et 20 mg/l. Les mesures qui vont au-delà indiquent alors que l'eau est polluée. Ce qu'est le cas de notre oued dans ces quatre parties étudiées.

IV.10. Titre Alcalimétrique simple et complet (TA et TAC)

Le TA (titre alcalimétrique) exprime la teneur de l'eau en carbonate et le TAC (titre alcalimétrique complet) exprime la teneur de l'eau en bicarbonate et carbonate. Ces deux valeurs permettent de connaître les concentrations en bicarbonates, carbonates et éventuellement en hydroxydes (bases fortes) contenues dans l'eau.

Les valeurs relatives à la mesure du titre alcalimétrique simple et complet (TA et TAC) sont regroupées dans le tableau 20.

Tableau 20. TA et TAC des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli

Sites	Point 01	Point 02	Point 03	Point 04	Norme
	Béni Oualbène (Ville agricole)	Sidi Mezghiche (El Khenka)	Tamalous (Lekhmis)	Kerkera (Ben Zouit)	
TAC (mg/l)	108.23	160.66	118.66	116	≤ 120
TA (mg/l)	0	0	0	0	10

L'eau de l'Oued Guebli est une eau qui ne contient pas des carbonates selon les résultats du dosage obtenus pour la totalité des échantillons. Pour les bicarbonates, les valeurs obtenues pour les échantillons de l'eau prélevés sur les quatre points d'échantillonnage sur l'oued sont inférieures à la valeur limite maximale pour les sites P1, P3 et P4 ; on dit de ce fait que l'eau est équilibrée. La teneur de l'eau en bicarbonate est au contraire largement supérieure à la limite maximale pour le site P2 ; les eaux à ce point sont donc trop chargées en bicarbonates.

Cette mesure détermine la capacité de l'eau à dissoudre une certaine quantité d'acides ou de bases sans faire varier trop fortement le pH. Donc la stabilité chimique de l'eau ou son pouvoir tampon. Le titre alcalimétrique permet de limiter les fluctuations du pH de l'eau. Une eau comportant un bon niveau de TAC aura donc un pH relativement constant, comme c'est ce cas pour l'eau des trois points de prélèvement (P1, P3 et p4).

IV.11. Phosphore (PO_4^{2-})

Les résultats du dosage du phosphore (PO_4^{2-}) sont illustrés dans le tableau 21.

Tableau 21. PO_4^{2-} des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli

Sites	Point 01	Point 02	Point 03	Point 04	Norme
	Béni Oualbène (Ville agricole)	Sidi Mezghiche (El Khenka)	Tamalous (Lekhmis)	Kerkera (Ben Zouit)	
PO_4^{2-} (mg/l)	0.28	0.17	0.14	0.74	≤ 0.50

Le phosphore est un élément essentiel pour les organismes et les végétaux. Dans les eaux naturelles non contaminées, il se présente sous forme de phosphate organique, de phosphates condensés ou d'orthophosphate (souvent dénommé via sa formule chimique PO_4^- P). La faible quantité de phosphore présente dans les eaux naturelles ne favorise pas la croissance des plantes. Cependant, une hausse de la concentration en phosphore entraîne la prolifération des algues, ce qui provoque l'eutrophisation de la masse d'eau (GLEISBERG, 1988).

Pour nos résultats, les eaux prélevées des sites : Béni Oualbène (Ville agricole) ; Sidi Mezghiche (El Khenka) et Tamalous (Lekhmis) la teneur en phosphore est inférieure à la limite maximale (0.5 mg/l) d'où l'absence de risque de contamination des eaux de ces sites par les phosphates et l'absence des risques d'eutrophisation.

Pour le quatrième site : Kerkera (Ben Zouit), la valeur enregistrée dépasse nettement la limite maximale indiquée dans les normes des eaux superficielles.

IV.12. Calcium (Ca^{2+})

Les résultats du dosage du calcium (Ca^{2+}) sont illustrés dans le tableau 22.

Tableau 22. Ca^{2+} des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli

Sites	Point 01	Point 02	Point 03	Point 04	Norme
	Béni Oualbène (Ville agricole)	Sidi Mezghiche (El Khenka)	Tamalous (Lekhmis)	Kerkera (Ben Zouit)	
Ca^{2+} (mg/l)	132.33	228.33	107.33	69.56	≤ 200

Selon le tableau 22, seules les eaux des échantillons prélevés du deuxième site sont chargées du calcium. Pour les autres sites de prélèvement, la teneur en calcium de l'eau est inférieure à la limite maximale indiquée dans le tableau 22. Les eaux du quatrième point de prélèvement sont très faiblement chargées en ions de Ca^{2+} (69.56 mg/l) contrairement aux eaux du deuxième site qui présente la teneur maximale en ions de Ca^{2+} (228.33 mg/l).

IV.13. Magnésium (Mg^{+})

Les résultats du dosage du calcium (Mg^{2+}) sont illustrés dans le tableau 23.

Tableau 23. Mg^{2+} des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli

Sites	Point 01	Point 02	Point 03	Point 04	Norme
	Béni Oualbène (Ville agricole)	Sidi Mezghiche (El Khenka)	Tamalous (Lekhmis)	Kerkera (Ben Zouit)	
Mg^{2+} (mg/l)	526.66	80.66	223.33	297.76	< 100

La lecture du tableau 23 fait ressortir que seules les eaux des échantillons prélevés du deuxième site sont moins chargées d'ions de magnésium (80.66 mg/l). Pour les autres sites de prélèvement, la teneur en magnésium de l'eau est largement supérieure à la limite maximale indiquée dans le tableau 23 fixée à 100 mg/l. Les eaux du premier point de prélèvement : Béni Oualbène (Ville agricole) sont les plus chargées en magnésium (526.66 mg/l), suivies par celles prélevées sur le quatrième site : Kerkera (Ben Zouit) (297.76 mg/l) et enfin celles du troisième site : Tamalous (Lekhmis) (223.33 mg/l).

IV.14. Dureté totale (THT) (Titre hydrotimétrique)

Le TH indique la teneur globale en sels de calcium et magnésium qui sont responsables de la dureté de l'eau dans la plupart des eaux naturelles. Généralement le calcium contribue au TH dans la proportion de 70 à 90%. La présence de ces deux cations dans l'eau tend souvent à réduire la toxicité des métaux. La dureté se mesure en mg de CaCO₃ par litre.

Les résultats de la mesure de la dureté totale sont regroupés dans le tableau 24.

Tableau 24. Dureté totale des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli

Sites	Point 01	Point 02	Point 03	Point 04	Norme
	Béni Oualbène (Ville agricole)	Sidi Mezghiche (El Khenka)	Tamalous (Lekhmis)	Kerkera (Ben Zouit)	
THT (mg/l)	659	311	310.66	378.33	≤ 500

Les résultats du dosage CaCO₃ dans les échantillons d'eau d'oued Guebli, montre que l'eau prélevée au niveau du premier site de Béni Oualbène (Ville agricole), est une eau très dure ; sa teneur en CaCO₃ est maximale dépasse largement celle des eaux prélevées des autres sites et la valeur limite maximale fixée à 500 mg/l.

IV.15. Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. Elle traduit la présence des particules et impuretés dans l'eau. Les valeurs relatives à la mesure de turbidité sont regroupées dans le tableau 25.

Tableau 25. Turbidité des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli

Sites	Point 01	Point 02	Point 03	Point 04	Norme
	Béni Oualbène (Ville agricole)	Sidi Mezghiche (El Khenka)	Tamalous (Lekhmis)	Kerkera (Ben Zouit)	
Turbidité (NTU)	2.53	4.39	5.47	4.14	< 50

L'eau d'Oued Guebli est sur les quatre points de prélèvement une eau claire.

IV.16. Température (T °C)

Les valeurs relatives à la mesure de température sont regroupées dans le tableau 26.

Tableau 26. Température des échantillons d'eau prélevés à différents points d'oued Guebli

Sites	Point 01	Point 02	Point 03	Point 04
	Béni Oualbène (Ville agricole)	Sidi Mezghiche (El Khenka)	Tamalous (Lekhmis)	Kerkera (Ben Zouit)
Température (°C)	21.3	21.2	23.5	22.5

La température de l'eau joue un rôle important par exemple en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz dont, entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 degrés Celsius (°C).

L'activité métabolique des organismes aquatiques est donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît. La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduaires chaudes. Des changements brusques de température de plus de 3°C s'avèrent souvent néfastes.

Pour nos échantillons les valeurs enregistrées sont conformes aux normes et la température est en générale idéale (Inferieur à 25°C.).

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

L'eau est une ressource environnementale et un bien collectif. Son développement est une société tellement basique qu'on est d'accord qu'il n'y a pas de vie sans eau, et donc l'eau c'est la vie, mais il faut connaître la qualité de cette eau. Si cette eau n'est pas bonne, elle entraîne un déséquilibre dans son écosystème, réduisant sa capacité à remplir son rôle normal et la rendant nocive lors de son utilisation.

Le sol de la zone d'étude est en grande partie formée de terrains imperméables favorisant ainsi les écoulements superficiels ce qui a permis l'abondance des eaux de surfaces vis-à-vis les eaux souterraines. Les différents oueds de la wilaya de Skikda charrient un total approximatif de 1070 M m³/an, les barrages mobilisent annuellement un volume de 292 M m³, les retenues collinaires mobilisent près de 2 M m³ annuellement.

La présente étude qui s'intéresse de la contamination des ressources en eau dans la région de Skikda par les polluants d'origine agricole vise la contribution à une évaluation préliminaire de la qualité physicochimique des eaux de l'une de ces ressources superficielles ; il s'agit bien de l'oued Guebli dans sa partie passant par Béni Oualbène, Sidi Mezghiche, Tamalous et Kerkera. Selon de diagramme ombrothermique de la région d'étude les échantillons d'eau ont été prélevés pendant la période sèche de l'année au sein de quatre points répartis le long de l'affluent qui sont : Ville agricole, El Khenka, Lekhmis et Ben Zouit.

L'étude a porté sur le dosage d'un certain nombre d'éléments chimiques dans les échantillons d'eau à savoir : les nitrates, les nitrites, les phosphates, les sulfates, les chlorures, les matières en suspension, les carbonates, les bicarbonates, le calcium, le magnésium ainsi que la mesure du potentiel hydriques, de la conductivité électrique, de la demande chimique et biochimiques en oxygène de ces échantillons, la température, la dureté et la turbidité.

L'étude du chimisme des eaux a démontré un faciès chimique identique des fois (pour certains paramètres chimiques) et largement différent (pour d'autres paramètres) d'un site d'échantillonnage à un autre.

Au cours de leurs trajets à travers les formations les eaux des oueds se chargent d'éléments chimiques issus des différents terrains traversés. D'une manière générale les eaux de l'Oued Guebli dans la wilaya de Skikda sont de bonne à moyenne qualité vis à vis les résultats obtenus.

En raison des rejets des eaux usées et de l'eau du moulin à huile situé à proximité de l'oued ainsi que l'abondance des activités agricoles dans la région les eaux présentent une qualité admissible pour l'irrigation et pour quelques utilisations ménagères. Les valeurs de dosage des différents éléments chimique a fait ressortir que l'eau de oued Guebli est en générale une eau moins chargée en nitrites, nitrates, phosphates et sulfates alors qu'elles sont moyennement à fortement chargées par les bicarbonates, les chlorures, les matières en suspension et les matières biodégradables. Les résultats ont montrée également que l'eau de oued Guebli est une eau moyennement dur, claire et à température idéale.

Recommandations

Pour la gestion appropriée et l'utilisation adéquate de la ressource, il est indispensable de suivre les recommandations suivantes :

- Implantation des piézomètres pour le calcul du coefficient d'emménagement, qui peut nous renseigner sur la fonction capacitive du réservoir, pour mieux gérer cette ressource.
- Implantation de plus de forages surtout dans le bassin de l'oued Guebli, pour l'augmentation du potentiel hydrique de la région.
- Effectuer plus de prélèvements réguliers et représentatifs pour le contrôle de la qualité de ces eaux et de toucher par ces analyses tous les paramètres possible.
- Remédier au problème de l'invasion marine par l'exploitation raisonnable (éviter la surexploitation), car la construction de murs jouant le rôle de barrière contre les eaux salée coûtera cher.
- Traitement des eaux usées (d'origine industrielle) avant de les rejeter dans les oueds.
- Utilisation de nouvelles méthodes d'irrigation (goutte à goutte) pour éviter le lessivage des sols et économiser l'eau.
- Remédier au problème de l'envasement des barrages, qui cause une diminution de leurs capacités de presque 25 %, ce qui a amené à une baisse considérable de la ressource superficielle.

- Installation d'autres stations de dessalement de l'eau de mer pour une augmentation de la ressource.
- Revoir les techniques d'épandage des engrais, qui sont la seule source de pollution des eaux par les nitrates et les phosphates.
- Résoudre le problème de la non-conformité de l'utilisation des réseaux d'alimentation en eau potable et ceux de l'assainissement (phénomène des connexions croisées), ce qui explique la persistance des maladies à transmission hydrique.
- Résoudre le problème des conduites défectueuses (états vétuste et installation inadéquate), qui cause les fuites rarement signalées aux responsables.
- Enfin, pour une meilleure gestion de la ressource du point de vue quantitatif et qualitatif, l'information et la sensibilisation des utilisateurs et des gestionnaires de l'eau sont indispensables pour l'économiser et la protéger.

Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADJOU, A. (2013). L'Algérie se met hors de danger par 94 barrages et des ressources hydriques considérables après le pétrole restera l'eau. Mon journal (DZ), Algérie, 3p. <http://www.algerie360.com/algerie>.

ALI, R. M. B. (2014). Evaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda.

AMIROUCHE Mawhoub, 2020. Modélisation de l'évapotranspiration sous différents niveaux de fertilisation en utilisant la technique isotopique, Thèse de Doctorat LMD, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie El Harrach P 13.

BAHRI et AGGAB, 2020. L'étude de l'interaction des engrais minéraux et organiques avec l'*Atriplex halimus* sur les rendements de pommes de terre (*Solanum tuberosum*) dans la région de Hassi Khalifa Eloued Algeria. Mémoire de MASTER. UNIVERSITE ECHAHID HAMMA LAKHDAR D'EL-OUED. P 18.

BAKER, A, ANVERARITY R, CHARITON M, et al. (2003). Detecting river pollution using fluorescence spectrophotometry: case studies from the Ouseburn, NE England. Environmental Pollution. 124:57-70.

BEAUCHAMP Jacques, 2006. L'eau et sol , université de Picardie jules verne/ Pédologie.

BELITZ H. et GROSCH W., 1982. Wasser 1-6. https://doi.org/10.1007/978-3-662-08306-2_1

BENALIA et BELKESSA, 2022. Etude de l'impact des engrais chimiques sur la qualité des sols dans la région de Djelfa. Mémoire de MASTER. Université Ziane Achour – Djelfa. P23.

BENCHEIKH et CHAALAL, 2022. Impact de la fertilisation sur la pollution des sols Cas de la commune de RAHOUIA. Mémoire de MASTER. Université Ibn Khaldoun – Tiaret. P 17

BENHASSINE et DEKDOUK, 2019. Etude de la prise en masse des engrais NPK 3×15 de l'unité FERTIAL Annaba : détermination et analyse statistique des paramètres en cause dans ce processus. Mémoire de master. Université Badji Mokhtar Annaba- P 8.

BEN RABAH, S. (2006). ETAT ACTUEL DES RESSOURCES EN EAU DANS LA WILAYA DE SIKKDA (ESSAI DE SYNTHÈSE) BILAN-GESTION-PERSPECTIVE.

BENKADDOUR, B. (2018). Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Chélif (Algérie).

BOUCHAALA, L., CHARCHAR, N., & GHERIB, A. (2017). Ressources hydriques : traitement et réutilisation des eaux usées en Algérie. *Algerian journal of arid environment*, 7(1), 84-95.

BOUDJADJA A. (1995). Comptes rendus des 2^e Journée Scientifique et Technique du Génie Rural. Estimation empirique et expérimentale du transport solide dans la région Ouest du Côtier Algérois. Université de Blida. 22 Nov. pp 22-28

BOUDJADJA, A., MESSAHEL, M., & PAUC, H. (2003). Ressources hydriques en Algérie du Nord. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 16(3), 285-304.

BOUDJEMA KARIMA, TOURQUI SAADA, BELHCINI RANIA. (2020). Réévaluation de la qualité des eaux usées urbaines épurées à l'entrée et la sortie de la station de Hammi Krouma par procédé d'épuration à boues activées Skikda. Diplôme de TECHNICIEN CERPER YOUR. MOHAMED BOUGUERRA – SIKKDA

BOUGUETTATTAYA et CHEKIMA et CHOUIA, 2015. La pollution des eaux souterraines dans les zones agricoles et leur effet sur la santé humaine (Cas d'Oued Souf) mémoire de licence. UNIVERSITE ECHAHID HAMMA LAKHDAR EL-OUED ; p 14.

BOUGLOUF Amira et SEBBAGH Elghalia, 2020. L'impact de l'activité agricole sur la qualité des eaux des oueds (Cas des oueds Fessa et Magramene) .mémoire de MASTER. UNIVERSITÉ 20 AOUT 1955- Skikda p 33.

BOUHEDJA NADJAH & BOUABDALLAH KAWTAR. (2017). Diagnostic sur l'efficacité d'épuration de la station des eaux usées de la ville de Skikda (physico - chimique et bactériologique). Mémoire de master. UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA.

BOULIER Florent, 2011 .Retour d'expérience des opérations de lutte contre la pollution diffuse d'origine agricole ; AgroParisTech-ENGREF ; Centre de Montpellier p 17.

CHADDA Douniazed, 2023. Étude de la fertilisation azotée du blé dur dans deux zones céréalières d'Algérie. DOCTORAT EN SCIENCES UNIVERSITE BATNA 1 – HADJ LAKHDAR, P 24.

CHAOUI W, BOUSNOUBRA H, CHAOUI K. (2013). Etude de la vulnérabilité à la pollution des eaux superficielles et souterraines de la region de Bouchegouf (nord-est Algérien).Nature et Technologie 8. 33–40.

CHAREF et ZAIDI, 2021. Exploitation statistique des données de production des engrais phosphatés Type NPK (3*15) fabriqué par l'unité FERTIAL-Annaba. Mémoire de MASTER UNIVERSITY BADJI MOKHTAR ANNABA, P 12.

COYNEL A, BLANC G, MARACH A, et al. (2009). Assessment of metal contamination in a smallmining and smelting affected watershed: high resolution monitoring coupled with spatial analysis by GIS. Journal of Environmental monitoring. Devez A,

GOMEZ E, GILBIN R, et al. (2005). Assessment of copper bioavailability and toxicity in vineyard runoff waters by DPASV and algal bioassay. Journal of Total Environment.

DAD, S. (2013). La Gestion intégrées des ressources en eau cas de la Région de Skikda (Doctoral dissertation, Université Oum El Bouaghi).

DERWICH E, BENAABIDATE L, ZIAN A, et al. (2010). Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec Oued Fes. Larhyss Journal. 101–112.

DJEHICHE et GUERGOURI, 2020. Synthèse sur l'effet des fertilisants chimiques et organiques sur la production du blé dur et la durabilité des sols. Mémoire de MASTER Université des Frères Mentouri Constantine. P 23.

DJEMAI M, SAIBI H, MESBAH M, *et al.* (2017). Spatio-temporal evolution of the physico-chemical water characteristics of the Sebaou river valley (Great Kabylia, Algeria). *Journal of Hydrology*. 12: 33-49.

DUTRIEUX Sandrine, ONCLINCX Françoise, SQUILBIN Marianne, THIRION André. 2005. Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement. P16.

FAO, 2005. Utilisation des engrais par culture en Algérie. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. PP, 21.

FERD Khadîdja et ATTIA Karima, 2022. Contribution à l'étude de la relation entre l'utilisation excessive des engrais agricoles et le phénomène d'eutrophisation. Mémoire de MASTER. Université de Larbi Tébessi -Tébessa P 28.

GLEISBERG D., 1988. Phosphate und Umwelt. *Chem. Unserer Zeit*. 22(6) :201-207

HACHEMI RACHEDI L, AMARCHI H. (2012). Impact of Urban Waste Water Reject on the Quality of water courses "case of Oued Meboudja est of Algeria. *Energie Procedia*. 18: 587-593.

HAMAIDI MS. (2013). Preliminary study on physico-chemical parameters and phytoplankton of Chiffa River (Blida, Algeria). *Journal of Ecosystems*.

HAMI AMIRA, TABECHACHE SAFA. (2020). Evaluation de l'impact du modèle hydrologique à différents pas de temps sur le comportement du réseau d'eau pluviale de la ville de Sidi-Mezghiche. Mémoire de Master. UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA.

HARTANI T. (2005). La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Ali Hammani, MARCELI KUPER, ABDELHAFID DEBBARH. Séminaire sur la modernisation de l'agriculture irriguée, IAV Hassan II, Rabat, Maroc, 11 p.

HAYZOUN H. (2014). Caractérisation et quantification de la charge polluante anthropique et industrielle dans le bassin du Sebou. Thèse de Doctorat. Université de Toulon (France), 175 p.

HEDJAZI et BENENEUMISSI, 2022. Synthèse Actualisée sur l'effet des engrais chimiques et organiques utilisés en agriculture et leurs impacts sur l'environnement. Mémoire de MASTER. Université Frères Mentouri Constantine 1. p 8.

HELLALI, MEBARKI et ZERIFI, 2022. Étude de la contamination environnementale par les engrais. MEMOIRE DE MASTER, Université de Larbi Tébessi-Tébessa- P 8.

HOUHOU J, Lartiges BS, France-Lanord C, et al. (2010). Isotopic tracing of clear water sources in an urban sewer: A combined water and dissolved sulfate stable isotope approach. *Water research*.44 : 256–266.

IVANOWSKY A. (2016) .Ouvrages d'assainissement des eaux et qualité du milieu récepteur en zone urbaine. Cas de rejets dans la Marque à Villeneuve d'Ascq. Thèse de Doctorat. Université de Lille 1 (France), 229 p.

JOHNSON MF, WILBY RL. (2015). seeing the landscape for the trees: metrics to guide riparian shade management in river catchments. *Water Resources Research*. 51:3754–3769.

Journal officiel Algérie (2017). Disponible sur : [http : //www.google.com/url?q=http://www.joradp.dz/FTP/jo Français/2017/F2017065.Pdf&sa=U&ved=2ahUKEwjZhrPhvqX4AhUug_0HHfQvCgYQFnoECAoQAg&usg=AOvVaw3KycYmRAZFYdcVr8BiwKQF](http://www.google.com/url?q=http://www.joradp.dz/FTP/jo_Français/2017/F2017065.Pdf&sa=U&ved=2ahUKEwjZhrPhvqX4AhUug_0HHfQvCgYQFnoECAoQAg&usg=AOvVaw3KycYmRAZFYdcVr8BiwKQF)

KENOUCHE ABLA et MECHEKEF WAFIA, 2019. Diagnostic des pratiques agricoles liées l'utilisation des pesticides dans la région de Jijel et évaluation du risque de contamination de certains légumes. Mémoire de MASTER. Université Muhammad Al-Siddiq ben Yahia. Jijel. PP 4,18.

KETTAB A. (2001). Les ressources en eau en Algérie : Stratégies, enjeux et vision. *Désaliénation*, 136 (1) : 25-33.

LARBI, T. LE renforcement des capacités de stockage : une gestion a La crise d'eau à SKIKDA (EST ALGERIEN).

LE PAPE P, AYRAULT S, MICHELOT J-L, et *al.* (2013). Building an isotopic hydro geochemical indicator of anthropogenic pressure on urban rivers. *Chemical Geology*.344 :63–72.

LEYNAUD G. (1968). Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique B.T.I. Ministère de l'agriculture.

MECIBAH, I., & ZOUINI, D. (2013). Évaluation de la satisfaction des usages de l'eau d'un point de vue quantitatif et qualitatif du bassin versant d'Oued Guebli (Nord-Est algérien) Evaluation of satisfaction with water user from a quantitative and qualitative point of view in the Guebli river basin (North east Algeria).*Synthèse*, 22(2), 72-81.

MEGHZILI, H. (2015). Modèles d'aménagement et d'urbanisation des Zones d'Expansion Touristique de la wilaya de Skikda (Algérie) (Doctoral dissertation, Brest).

MEKIRCHA Fatiha, 2008. Évaluation du risque de contamination environnementale per les métaux lourds susceptibles D'être présents dans les produits fertilisants agricoles. *Mémoire de MASTER. Université de Jijel. P 37.*

METAHRI MS. (2012). Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse de Doctorat. Université de Tizi-Ouzou (Algérie), 172 p.

MEZRAI Fatima, 2020. Etude de l'effet de deux doses d'engrais de démarrage (STARTSOL) et d'un fertilisant (CLINOFINE) sur la germination des graines et le développement des plantules en pépinière (tiges et système racinaire) de tomate hybride F1 *Solanum lycopersicum*. *Mémoire de MASTER. UNIVERSITE ABDELHAMID BEN BADIS_MOSTAGANEM_ P 38.*

NEHME N. (2014). Evaluation de la qualité de l'eau du bassin inférieur de la rivière de Litani, Liban: approche environnementale. Thèse de Doctorat. Université de Lorraine (France), 359 p

ONA. (2014). Documentation interne du service d'exploitation ONA. Office nationale d'assainissement, Algérie. 20p.

REMDAN, F. (2002). Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Dunod Sciences ed, Paris, 1085 pp

SEID Abdenour, 2019. Effet de la fertilisation potassique sur les paramètres physiques de la datte Deglet-Nour produite sur un sol gypseux (Ziban), Mémoire de MASTER Université Mohamed Khider de Biskra. p 17.

SIDI MEZTHICH. Disponible sur: <https://fr-academic.com/dic.nsf/frwiki/1538714>

SOUALMIA Bouchra, 2014. Etude comparative de l'effet de trois types d'engrais (weatstart, weatgrow, et weatgeen) sur le rendement de la culture de blé dur *Triticum durum* Desf (Var simeto) dans la région de Guelma. Mémoire de MASTER, Université 08 Mai 45 Guelma. P 14.

SOUFIA Fatah, 2017. Enquête sur L'utilisation des Engrais Minéraux dans la Région du Souf Mémoire de MASTER. Université Echahid Hamma Lakhdar EL-OUED .P 18.

SOUTTER et Musy, 1997. Revue des sciences de l'eau Journal of Water Science , p 105.

TAGHZOUT. Slideplayer.fr. Analyses de l'eau FICHES Résumé - ppt video online téléchargé. .Disponible sur : <https://slideplayer.fr/amp/Taghzout> F. (2015). Impact environnemental des rejets d'eau le long du littoral occidental Algérien. Mémoire de Magister. Université d'Oran (Algérie), 170 p.

TEFFAHI et NOUN, 2021. Raisonnement de la fertilisation azotée phospho-potassique (NPK) de la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf.) (Variété Virton) dans la région de Guelma .Mémoire de MASTER, Université 8 Mai 1945 Guelma. P 21.

TERRA M. (2013). Les réalisations de l'Algérie dans le secteur de l'eau de 1962 à 2012. Ministère des ressources en eau, Algérie, 37p.

Tice.- montpellier. DOSAGE DES NITRITES. Disponible sur : <https://tice.ac-montpellier.fr/ABCDORGA/Famille/NITRITES.html>

Nom et prénom : BOULFOUL Bassma

Nom et prénom : CHETTOUM Afnane

Nom et prénom : ZAGHBIB Hadjer

Titre : *Etude de l'impact de l'utilisation des intrants agricoles chimiques sur les ressources hydriques dans la région de Skikda*

Résumé :

Le présent travail a comme objectif, la contribution à l'étude de l'impact de l'utilisation des intrants agricoles chimiques sur les ressources hydriques dans la région de Skikda particulièrement celles superficielles à savoir l'oued Guebli. Cette étude a été basée sur l'étude des paramètres physico-chimiques de quatre échantillons d'eau prélevés dans différents points sur le lit de l'oued en question pendant la période sèche de l'année en cour. Les analyses portent sur le dosage des Nitrites, Nitrates, Bicarbonates, Phosphates, Matières en suspension ainsi que la mesure du potentiel hydrogène, la demande biochimique et chimique en oxygène et la Conductivité électrique, la température, la dureté et la turbidité.

Les résultats obtenus ont montré que les eaux des sites de prélèvement dans l'oued Guebli sont de qualité acceptable à moyenne, elles sont à pH neutre et à bonne conductivité électriques. Les valeurs de dosage des différents éléments chimique a fait ressortir que l'eau de oued Guebli est en générale une eau moins chargée en nitrites, nitrates, phosphates et sulfates alors qu'elles sont moyennement à fortement chargées par les bicarbonates, les chlorures, les matières en suspension et les matières biodégradables. Les résultats ont montrée également que l'eau de oued Guebli est une eau moyennement dur, claire et à température idéale.

Mots clé : Oued Guebli, Skikda, Paramètres physico-chimiques, Ressources, Eau de surface, intrants agricoles.

Title: *Study of the impact of the use of chemical agricultural inputs on water resources in the Skikda region*

Abstract :

The objective of this work is to contribute to the study of the impact of the use of chemical agricultural inputs on water resources in the Skikda region, particularly those superficial, namely the river of Guebli. This study was based on the study of the physicochemical parameters of four water samples taken from different points on the bed of the river in question during the dry period of the year in court. The analyses concern the determination of Nitrites, Nitrates, Bicarbonates, Phosphates, Suspended Solids as well as the measurement of hydrogen potential, biochemical and chemical oxygen demand and electrical conductivity, temperature, hardness and turbidity.

The results obtained showed that the waters of the sampling sites in the river of Guebli are of acceptable to medium quality; they are neutral pH and good electrical conductivity. The assay values of the different chemical elements showed that Guebli river water is generally less loaded with nitrites, nitrates, phosphates and sulfates whereas they are moderately to strongly loaded by bicarbonates, chlorides, suspended solids and biodegradable materials. The results also showed that the water of Guebli river is moderately hard, clear and at ideal temperature.

Keywords: Guebli Oued, Skikda, Physico-chemical parameters, Resources, Surface water, agricultural inputs.

العنوان : دراسة تأثير استخدام المدخلات الزراعية الكيميائية على الموارد المائية في منطقة سكيكدة

ملخص :

الهدف من هذا العمل هو دراسة أثر استخدام المدخلات الزراعية الكيميائية على الموارد المائية في منطقة سكيكدة، ولا سيما تلك السطحية، بالتحديد واد قبلي. استندت هذه الدراسة إلى دراسة الخصائص الفيزيائية الكيميائية لأربع عينات مائية مأخوذة من نقاط مختلفة على سرير الوادي المعني خلال فترة الجفاف من العام الحالي. تتعلق التحليلات بتحديد النترات والنترات والبيكربونات والفوسفات والمواد الصلبة المعلقة بالإضافة إلى قياس الحموضة والطلب الكيميائي الحيوي والكيميائي على الأكسجين والتوصيل الكهربائي ودرجة الحرارة والصلابة والتعكر. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن مياه مواقع أخذ العينات في وادي قبلي ذات خصائص مقبولة إلى متوسطة الجودة، ذات حموضة محايدة وموصلية كهربائية جيدة. أظهرت قيم الفحص للعناصر الكيميائية المختلفة أن مياه وادي قبلي تكون عمومًا أقل تحميلًا بالنترات والنترات والفوسفات والبيكربونات والكلوريدات والمواد الصلبة المعلقة والمواد القابلة للتحلل الحيوي. أظهرت النتائج أيضًا أن مياه واد قبلي صلبة إلى حد ما وصافية وذات درجة حرارة مثالية.

الكلمات المفتاحية : واد قبلي، سكيكدة، الخصائص الفيزيائية الكيميائية، الموارد، المياه السطحية، المدخلات الزراعية.