

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou**  
**Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques**

**Département des Sciences Agronomiques**



# **Mémoire de fin d'étude**

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

**Option : science du sol**

## **Thème**

**Gestion et Valorisation des eaux usées épurées et des  
boues résiduaires urbaines en agriculture  
à Tizi Ouzou**

**Présenté par :**

AFETTOUCHE Fetta

Soutenu le : 23/09/2024

**Devant le jury composé de :**

**Présidente :** Mr MERROUKI K.

M.C.A à l'UMMTO

**Promotrice :** Mme OMARI O.

M.A.A à l'UMMTO

**Co-promotrice :** Mme OMOURI O.

M.A.A à l'UMMTO

**Examinatrice :** Mme YAKOUBI S.

M.A.A à l'UMMTO

Année universitaire : 2023-2024

## Remerciements

**A**vant tout, nous remercions « Dieu » le tout puissant qui nous a donné sagesse et santé pour faire ce modeste travail.

**I**l est agréable d'exprimer nos sincères remerciements et notre profonde gratitude à Mme OMARI.O et Mme OMOURI O. de nous avoir encadrées. Nous lui exprimons notre reconnaissance pour ses précieux conseils qui nous ont guidés dans l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude.

**N**otre gratitude va particulièrement à tous nos enseignants du département des sciences Agronomiques de Tizi-Ouzou

**N**ous adressons également nos remerciements à :

**M**r MERROUKI.K. Mme YAKOUBI.S.

**Q**ui nous ont fait l'honneur d'examiner et de juger ce travail.

## **DEDICASES**

**J**e tiens à dédier ce travail

**A** mes chers parents qui ont toujours été là pour moi.

Je vous suis reconnaissante pour les sacrifices consentis pour mon bien être, je Vous dis merci.

**A** mon cher frère et mes sœurs

**A** toute ma famille à la quelle j'adresse mon profond respect et mon indéfectible attachement.

**A** tous mes amis (es) de près ou de loin.

**A** tous ceux qui m'aiment et que j'aime.

***FETTA***

Figure 1 : Schéma de la filière de traitement des eaux.....	19
Figure 2: Schéma de la filière de traitement des boues.....	20
Figure 3: Utilisation de la STP comme source d'irrigation.....	32
Figure 4: Utilisation de la Forage comme source d'irrigation .....	33
Figure 5: Utilisation de Mélange de source d'eaux pour d'irrigation .....	34
Figure 6: Utilisation de Pluit comme source d'irrigation.....	35
Figure 7:	
Figure 7: utilisation des stations de pompage .....	37
Figure 8: utilisation des filtres.....	38
Figure 9: utilisation d'entretien .....	39
Figure 10: les équipements utilisés .....	40
Figure 11: Type d'utilisation des sources d'irrigation .....	41
Figure 12: le système goutte à goutte .....	42
Figure 13: le système aspersion .....	43
Figure 14: le système gravitaire .....	43
Figure 15: les systèmes d'irrigation utilisée.....	44
Figure 16: Pourcentages des réponses des individus sur les questions concernant les boues résiduaires urbaines.....	46
Figure 17: La connaissance d'intérêt agronomique des boues d'épurations urbaines .....	47
Figure 18: Le suivies des parcelles épandu par les organismes .....	48
Figure 19: Représentation des d'âge des exploitations agricole utilisant des boues.....	49
Figure 20: Types des cultures sur les parcelles épandues .....	50
Figure 21: Représentation des fréquences d'épandage des boues sur vos parcelles agricoles .....	51

Figure 22: La disposition d'analyses de sol avant l'épandage des boues sur les parcelles agricoles .....	52
Figure 23: Les effets positifs sur les cultures suite à l'épandage des boues .....	53
Figure 24: Les principaux avantages de l'utilisation des boues en agriculture.....	54
Figure 25: Les principaux inconvénients ou risques associés à l'utilisation des boues en agriculture.....	56
Figure 26: Les agriculteurs bénéficiés de formations ou d'informations spécifiques sur la gestion et la valorisation des eaux usées épurées et des boues résiduares en agriculture ..	57
Figure 27: Degrés d'intéressantes par des technologies innovantes ou des nouvelles méthodes pour optimiser l'utilisation des boues en agriculture .....	58
Figure 28: La mise en place des mesures spécifiques pour limiter les impacts négatifs potentiels de l'épandage des boues sur l'environnement .....	60
Figure 29: Informations supplémentaires ou les types de soutien serait le plus utile pour agriculteurs concernant l'utilisation des boues en agriculture .....	61
Figure 30: Les pourcentages des agriculteurs informés des réglementations en vigueur concernant l'épandage des boues d'épuration en agriculture .....	62
Figure 31: L'avis des agriculteurs sur la participation à un programme de suivi à long terme sur les impacts de l'épandage des boues sur les sols, les cultures, et l'environnement .....	64
Figure 32: La rencontrassions des oppositions ou des réticences de la part de la communauté locale ou des consommateurs concernant l'utilisation des boues d'épuration en agriculture .....	65
Figure 33: La considération de coût associé à l'utilisation des boues (transport, épandage, etc.) comme un obstacle majeur .....	67
Figure 34: Le besoin d'avantages, des recherches et des données scientifiques pour être convaincu de l'efficacité et de la sécurité de l'utilisation des boues en agriculture.....	68
Figure 35: L'importance accordez par les agriculteurs à la traçabilité des boues d'épuration utilisées sur vos terres .....	69

Figure 36: Refus d'utiliser des boues d'épuration pour des raisons éthiques ou environnementales.....	70
Figure 37: Profitez de consultations avec des experts en agronomie ou en environnement pour évaluer l'impact de l'utilisation des boues sur votre exploitation .....	71
Figure 38: L'acceptation de partager vos données d'exploitation et résultats de cultures pour une étude sur les impacts à long terme de l'utilisation des boues.....	73
Figure 39: Les intéressants par des partenariats ou des collaborations avec des organisations de recherche pour améliorer les pratiques d'épandage et le traitement des boues .....	74

---

Tableau 1 : les quantités annuelles de boues d'épuration urbaines épandues depuis 2013 à 2023.....	26
Tableau 2 : Pourcentage des boues destiné à l'épandage agricole (%).....	27
Tableau 3 : les types de cultures et estimer le pourcentage d'épandage pour chaque type .	27
Tableau 4 : les méthodes d'épandage des BEU .....	28
Tableau 5 : eau mélangé.....	30
Tableau 6 : Utilisation de la STP comme source d'irrigation .....	33
Tableau 7 : Utilisation de la Forage comme source d'irrigation.....	34
Tableau 8 : Utilisation de Mélange de source d'eaux pour d'irrigation.....	35
Tableau 9 : Utilisation de Pluit comme source d'irrigation .....	35
Tableau 10 : les sources d'irrigation utilisée.....	36
Tableau 11 : utilisation des stations de pompage .....	37
Tableau 12 : utilisation des filtres .....	38
Tableau 13 : utilisation d'entretien .....	38
Tableau 14 : les équipements utilisés .....	40
Tableau 15 : Type d'utilisation des sources d'irrigation.....	41
Tableau 16 : le système goutte à goutte .....	41
Tableau 17 : le système aspersion .....	42
Tableau 18 : le système gravitaire.....	43
Tableau 19 : les systèmes d'irrigation utilisée .....	44
Tableau 20 : La connaissance de l'intérêt agronomique des boues d'épurations urbaines . .....	47
Tableau 21 : Le suivies des parcelles épandues par les organismes .....	48
Tableau 22 : Les pourcentages d'âge d'exploitations agricole utilisant les boues.....	50

---

Tableau 23 : Types des cultures sur les parcelles épandues .....	51
Tableau 24 : Représentation des fréquences d'épandage des boues sur vos parcelles agricoles .....	52
Tableau 25 : La disposition d'analyses de sol avant l'épandage des boues sur les parcelles agricoles .....	53
Tableau 26 : Les effets positifs sur les cultures suite à l'épandage des boues .....	54
Tableau 27 : Les principaux avantages de l'utilisation des boues en agriculture .....	55
Tableau 28 : Les principaux inconvénients ou risques associés à l'utilisation des boues en agriculture .....	57
Tableau 29 : Les agriculteurs bénéficiés de formations ou d'informations spécifiques sur la gestion et la valorisation des eaux usées épurées et des boues résiduaires en agriculture ..	58
Tableau 30 : Degrés d'intéressantes par des technologies innovantes ou des nouvelles méthodes pour optimiser l'utilisation des boues en agriculture .....	59
Tableau 31 : La mise en place des mesures spécifiques pour limiter les impacts négatifs potentiels de l'épandage des boues sur l'environnement .....	61
Tableau 32 : Informations supplémentaires ou les types de soutien serait le plus utile pour agriculteurs concernant l'utilisation des boues en agriculture .....	62
Tableau 33 : Les pourcentages des agriculteurs informés des réglementations en vigueur concernant l'épandage des boues d'épuration en agriculture .....	64
Tableau 34 : L'avis des agriculteurs sur la participation à un programme de suivi à long terme sur les impacts de l'épandage des boues sur les sols, les cultures, et l'environnement .....	65
Tableau 35 : La rencontrassions des oppositions ou des réticences de la part de la communauté locale ou des consommateurs concernant l'utilisation des boues d'épuration en agriculture.....	66
Tableau 36 : La considération de coût associé à l'utilisation des boues (transport, épandage, etc.) comme un obstacle majeur .....	67

Tableau 37 : Le besoin d'avantages, des recherches et des données scientifiques pour être convaincu de l'efficacité et de la sécurité de l'utilisation des boues en agriculture.....69

Tableau 38 : L'importance accordée par les agriculteurs à la traçabilité des boues d'épuration utilisées sur vos terres .....70

Tableau 39 : Refus d'utiliser des boues d'épuration pour des raisons éthiques ou environnementales.....71

Tableau 40 : Profitez de consultations avec des experts en agronomie ou en environnement pour évaluer l'impact de l'utilisation des boues sur votre exploitation.....72

Tableau 41 : L'acceptation de partager vos données d'exploitation et résultats de cultures pour une étude sur les impacts à long terme de l'utilisation des boues .....73

Tableau 43 : Les intéressants par des partenariats ou des collaborations avec des organisations de recherche pour améliorer les pratiques d'épandage et le traitement des boues .....75

AFEE : Association Française pour l'Etude des Eaux

AFNOR: Association Française de la Normalisation

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrique

° C : Degré Celsius

C: carbone

Ca CO<sub>3</sub> : Carbonate de Calcium

Ca: Calcium

Cd: Cadmium

CE : Conductivité électrique

cm : Centimètre

CNB : Comité National des Boues

CO: Oxyde de Carbone

CPCS : Commission de pédologie et de cartographie des sols

Cr: Chrome

Cu: Cuivre

DBK: Draa Ben Kheda

DCO : Demande chimique en Oxygène

DEM: Draa El Mizane

ETM : Eléments Traces Métalliques

FNRDA : Fonds National de Régulation et de Développement Agricole

g : Gramme

ha : Hectare

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

Hg: Mercure

I A N O R : Institut Algérien de Normalisation

IB : Indice de boue

IM : Indice de Mohlman

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

ISO : International Organisation for Standardisation (Organisation internationale de Normalisation)

K: Potassium

Kg : Kilogramme.

Km : Kilomètre

m<sup>3</sup>/j : Mètre cube par jour

MES : Matières en suspension

Mg : Magnésium

MM : Matière minérale

MO : Matière organique

MS : Matière Sèche (siccité)

mS/cm : Milli siemens par centimètre

MVS : Matières volatiles sèches

N: Azote

Ni : Nickel

NO: Oxyde d'Azote

NO<sub>2</sub>: Dioxyde d'Azote

ONA : Office National d'Assainissement

P: Phosphore

Pb: Plomb

pH : Potentiel hydrique

Q : Débit

Qtt : Quantités

STEP : Station d'épuration

TO: Tizi-Ouzou

Zn : Zinc

## Sommaire

Introduction générale .....	1
I. <u>Partie1</u> : synthèse bibliographique .....	
1. Chapitre 1 : généralité sur les eaux usées épurées .....	
1. Définition des eaux usées .....	3
2. Type des eaux usées .....	3
2.1.Domestique .....	3
2.2.Pluviales .....	3
2.3.Agricoles .....	3
2.4.Industrielles .....	4
3. Le traitement des eaux usées .....	5
3.1 Prétraitement .....	5
3.2 Traitement primaire .....	5
3.3 Traitement secondaire (biologique) .....	5
3.4 La clarification .....	6
3.5 La désinfection .....	6
3.6 Traitement des odeurs .....	6
4. La valorisation des eaux usées traitées .....	7
2. Chapitre 1 : généralité sur les boues d'épuration	
1. Définition des boues d'épuration .....	8
2. Composition des boues d'épuration .....	8
3. Caractéristiques des boues d'épuration .....	8
4. Classification des boues d'épuration .....	8
4.1 Selon l'origine de l'effluent à traiter .....	8
4.2 Selon l'étape du traitement des eaux usées .....	9
4.3 Selon le type de traitement dans les lignes des boues.....	9
5. Filière de traitement des boues .....	9
5.1.Epaississement statique .....	10
5.1.1. L'épaississement statique gravitaire .....	10
5.1.2. L'épaississement dynamique .....	10
5.2.Stabilisation aérobies .....	11
5.3.Déshydrations .....	12
5.3.1 Déshydratation mécanique .....	12
5.3.2 Déshydratation naturelle .....	12
6. Valorisation agricole des boues .....	13
6.1 La restriction d'usage en agriculture .....	13

6.2 Les différentes formes de la valorisation agricole .....	13
6.3 Matériels d'épandage .....	14
7. Compostage des boues urbaines .....	14
8. La valorisation agricole des boues résiduaires en Algérie.....	15
8.1.Panorama de l'épandage en agriculture .....	16
8.2.Calcul de la dose d'épandage .....	16
8.3.Les délais après l'épandage .....	16
8.4.Précautions lors de l'épandage .....	17
8.5.L'intérêt agronomique des boues .....	18
9. Filières de traitement .....	18
9.1.Traitement des eaux .....	18
9.2.Traitement des boues .....	19
II. <u>Partie2</u> : Matériels et méthodes .....	21
1. Question pour l'agriculteur sur l'utilisation des boues résiduaires urbaines .....	21
2. Question pour L'ONA .....	26
3. Enquête sur l'utilisation des eaux usées traitées .....	29
4. Les étapes de réalisation de l'enquête .....	31
III. <u>Partie3</u> : Résultats et discussions .....	
1. Enquête sur l'utilisation des eaux usées traitées .....	32
(a) Analyse des résultats de l'enquête sur les eaux usées épurées .....	32
(b) Résultats et discussions .....	44
2. Enquête sur l'utilisation des boues résiduaires urbaines.....	46
(a) Analyse des résultats de l'enquête sur les boues résiduaires urbaines.....	46
(b) Résultats et discussions .....	75
Conclusion générale .....	77

L'eau ne doit pas être vue comme un simple produit commercial, mais plutôt comme un patrimoine universel à protéger, défendre et traiter avec soin. Elle est essentielle à la survie humaine, à la santé, à l'alimentation, ainsi qu'aux activités agricoles et économiques. La qualité de l'environnement en dépend également. Cependant, l'eau est souvent le réceptacle de diverses pollutions, (Metahri, 2012).

La gestion de l'eau est cruciale pour le développement durable, car elle doit satisfaire les besoins des générations présentes tout en préservant les ressources pour l'avenir. L'agriculture, étant le plus grand consommateur d'eau, est particulièrement touché par la diminution des ressources hydriques observée au cours des dernières décennies, (Hannachi et al. 2014).

L'Algérie fait face à une crise de pénurie d'eau qui s'aggrave depuis plusieurs années. Les précipitations sont non seulement insuffisantes mais aussi irrégulières, tant dans le temps que dans l'espace. De plus, le climat chaud et sec qui prédomine sur la majeure partie du territoire national limite encore davantage les ressources en eau disponibles.

Pour relever le défi de satisfaire les besoins en eau pour l'agriculture, l'Algérie a mis en place une politique active de mobilisation des ressources hydriques. Parmi les nouvelles stratégies de gestion adoptées, la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture occupe une place importante qui vise la production de quantités complémentaires en eau pour différents usages. (Keremane, 2017).

Dans ce contexte, la réutilisation des eaux usées épurées et la valorisation des boues d'épuration pour la production agricole représentent des solutions prometteuses pour répondre à la demande en eau et améliorer la fertilité des sols, au lieu de les rejeter dans la nature (Hannachi et al., 2016).

La réutilisation des eaux usées est souvent justifiée par leur richesse en nutriments essentiels pour les plantes, tels que les nitrates, le phosphore et le potassium. Cependant, cette pratique peut également présenter des risques pour la santé publique et l'environnement. Ces risques dépendent principalement des caractéristiques de l'eau traitée et des boues, du niveau de traitement, ainsi que des méthodes et lieux d'application (Okba et al., 2013).

Bien que ces réalisations soient significatives, elles n'ont pas suffi à atteindre l'objectif de protection globale de l'environnement et des ressources en eau. La valorisation des eaux usées traitées est essentielle, car une fois traitées, elles peuvent devenir une source

précieuse pour réduire le déficit hydrique, notamment par leur utilisation en irrigation (Djedi, 2007).

La valorisation agricole des boues et des eaux usées traitées (EUT) vise à améliorer les propriétés agronomiques des sols tout en réduisant les risques d'eutrophisation et de pollution des barrages, lacs, rivières et zones côtières.

Dans le cadre de ce travail, nous, nous proposons une étude sur l'utilisation des eaux usées épurées et boues résiduaire urbaine en agriculture au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou.

## **1. Définition des eaux usées**

Les eaux usées comprennent toutes les eaux provenant des activités domestiques, agricoles et industrielles, qui contiennent des substances toxiques et se déversent dans les systèmes d'assainissement. Elles incluent également les eaux de pluie et leurs polluants, causant divers types de pollution et de nuisances dans l'environnement récepteur, (Metahri, 2012).

## **2. Type des eaux usées**

Nous distinguons quatre grandes catégories d'eaux usées :

### **2.1.Domestique**

Provenant des habitations se divisent en deux catégories principales : les eaux ménagères et les eaux vannes. Les eaux ménagères, issues des salles de bains et des cuisines, contiennent des détergents, des polluants organiques, des graisses, etc. Les eaux vannes, quant à elles, proviennent des toilettes et sont principalement composées de matières organiques et de germes fécaux (Djezzar et Briki, 2020). Ces eaux usées sont généralement acheminées vers des stations d'épuration où elles subissent un traitement avant d'être rejetées dans l'environnement, (Ben saci, Zeid, 2022).

### **2.2.Pluviales**

Les eaux pluviales sont des eaux usées issues des précipitations atmosphériques. Elles contiennent des matières minérales en suspension ainsi que des hydrocarbures, comme l'indique Segueni (2023).

### **2.3.Agricoles**

Les eaux usées agricoles sont contaminées par des produits industriels utilisés dans le secteur agricole. Il est important de noter que certaines de ces substances peuvent être nocives pour l'environnement. Ces eaux usées contiennent des fertilisants, qu'ils soient des engrais minéraux commerciaux ou des déjections animales produites sur place ou non, ainsi que des produits phytosanitaires tels que des herbicides, des fongicides et des insecticides, (Djezzar et Briki, 2020).

### **2.4.Industrielles**

Les eaux usées industrielles, telles que décrites par Oulad laid et Rezgui (2020), sont les eaux rejetées par les usines dans l'environnement. Elles contiennent divers polluants, notamment des matières organiques, azotées, phosphorées et métalliques. Selon (Djezzar et Briki, 2020), les caractéristiques de ces eaux varient en fonction de l'industrie d'origine.

On peut diviser les eaux usées industrielles comme suit :

➤ **Eaux huileuses :**

Ces eaux usées, contaminées par des hydrocarbures, sont collectées via le circuit des eaux huileuses. Selon (Djezzar et Briki, 2020), elles proviennent de plusieurs sources :

- Les salles des machines,
- Les ateliers et les magasins,
- Les postes électriques de chaque tranche,
- La zone de stockage des wagons d'huile,

➤ **Eaux non huileuses :**

Non contaminées par les hydrocarbures, ces eaux résiduaires, ni acides ni alcalines, proviennent des purges des chaudières, des circuits fermés de réfrigération et des circuits vapeur, (Segueni ,2023).

➤ **Eaux chimiques :**

Rejetées par les industries de traitement des métaux et les industries agro-alimentaires, ces eaux peuvent être acides, alcalines ou salines, (Djezzar et Briki, 2020).

➤ **Eaux diverses :**

Ne rentrant pas dans les catégories précédentes, ces eaux doivent généralement être recueillies dans des récipients. Elles proviennent de la purge d'appareils contenant de l'asphalte, de la paraffine ou des résidus lourds se solidifiant à température ambiante, (Segueni ,2023).

### **3. Le traitement des eaux usées**

Le traitement des eaux usées urbaines vise à protéger notre environnement et à préserver nos ressources en eau, Selon Labbaci et Boumenkar (2019), le choix du procédé de traitement dépend de la nature et de la quantité des eaux à traiter.

#### **3.1 Prétraitement**

Les dispositifs de prétraitement sont essentiels dans toutes les stations d'épuration, indépendamment des procédés utilisés en aval. Une fois les eaux usées collectées et acheminées vers les stations, le processus de traitement peut commencer. À ce stade, les eaux contiennent diverses matières hétérogènes, grossières et potentiellement dangereuses pour les équipements. La première étape consiste en un prétraitement visant à éliminer les déchets volumineux susceptibles d'endommager les machines, par des procédés simples de séparation physique (Amari et Berkane, 2015). Ce prétraitement inclut le dégrillage pour les déchets volumineux, le dessablage pour les sables, et le dégraissage/déshuilage pour les corps gras.

#### **3.2 Traitement primaire**

Après le prétraitement, les eaux usées contiennent encore des éléments organiques et minéraux susceptibles de se déposer. La décantation permet de séparer les fluides des matières en suspension dans un décanteur primaire, (Brik, 2023).

Les boues primaires issues des décanteurs sont extraites à l'aide de pompes centrifuges en cale sèche (une par décanteur et une de secours commune) et dirigées vers un réservoir d'homogénéisation situé en amont des deux bassins de stabilisation aérobie des boues. Ce réservoir assure également la distribution du flux vers chaque bassin, (Labbaci et Boumenkar, 2019).

#### **3.3 Traitement secondaire (biologique)**

Le traitement biologique est un procédé permettant d'éliminer la matière organique polluante présente dans les effluents grâce à l'activité des microorganismes. Ce milieu, riche en éléments azotés, en phosphore et en oligo-éléments, favorise le développement des bactéries lorsqu'on y injecte de l'oxygène. Ces bactéries forment alors des masses floconneuses, (Brik, 2023).

Ce traitement vise à éliminer les impuretés organiques par l'action d'une biomasse épuratrice, qui peut être libre ou fixée. Cette biomasse est composée de divers microorganismes : bactéries, levures, protozoaires, métazoaires, etc. En termes simples, les bactéries dégradent le substrat, tandis que des espèces plus évoluées se nourrissent de ces bactéries ou d'autres micro-organismes, (Labbaci et Boumenkar ,2019).

Dans les bassins, une aération efficace est essentielle pour une dégradation optimale de la pollution et une maîtrise des coûts de fonctionnement. Cette aération est assurée par des turbines aératrices de surface. Les réactions biologiques suivantes se déroulent dans les bassins :

- Dégradation du substrat organique.
- Synthèse cellulaire, (Labbaci et Boumenkar, 2019).

### **3.4 Clarification**

Cette étape finale de traitement est essentielle pour garantir la qualité des rejets. Elle assure la séparation entre les boues et l'eau traitée. L'efficacité de cette séparation dépend de la décantabilité des boues (qui est liée à la nature de l'effluent) et de la capacité de l'installation à atténuer les fortes variations de charge hydraulique, (Labbaci et Boumenkar 2019).

### **3.5 Désinfection**

La désinfection est un traitement qui vise à éliminer les micro-organismes pouvant causer des maladies. Cela peut être réalisé en ajoutant des produits chimiques germicides à l'eau, comme le chlore ( $\text{Cl}_2$ ), l'hypochlorite de sodium, le dioxyde de chlore ou le brome. Il existe également des méthodes de désinfection physique, telles que les rayons UV, l'ébullition ou les rayons gamma, (Saadi, 2013).

### **3.6 Traitement des odeurs**

Dans les stations d'épuration, on utilise des techniques de désodorisation chimique ou biologique pour éliminer les mauvaises odeurs. La désodorisation chimique est la méthode la plus couramment utilisée. Les gaz malodorants sont capturés et dirigés vers des tours de lavage, où un liquide désodorisant est pulvérisé. Ce liquide peut contenir de la soude, de l'acide et/ou de l'hypochlorite de sodium (eau de Javel), qui capturent ou neutralisent les mauvaises odeurs, (Metahri, 2012).

#### **4. Valorisation des eaux usées traitées**

L'eau usée épurée est destinée pour plusieurs usages, urbains (arrosage des parcs publics, espaces verts, terrains de sport, alimentation des pièces d'eau et fontaines, arrosage des jardins privés, chasse d'eau des toilettes, lavage des véhicules, nettoyage des rues, circuits d'incendie, etc.), industriels (eau de refroidissement, eau de procédé, etc.), agricoles (irrigation de cultures diverses, maraîchages, arbres fruitiers, céréales, fourrages, pâturages, cultures industrielles, forêts) et souterrains (recharge des nappes phréatiques). Ces usages ne nécessitent pas d'eau potable. Cependant, la recharge des nappes phréatiques revient souvent à réutiliser indirectement les eaux usées pour produire de l'eau potable. Un exemple unique de production directe d'eau potable à partir d'eaux usées est celui de Windhoek, la capitale de la Namibie.

La réutilisation des eaux usées est courante dans les régions du monde touchées par des pénuries d'eau. Elle est particulièrement développée aux États-Unis, en Asie et dans les pays du Golfe Persique. Le bassin méditerranéen est l'une des régions où l'utilisation agricole des eaux usées urbaines est la plus répandue. En Israël, cette pratique est largement systématisée, tandis que la Tunisie et Chypre ont également mis en place des politiques nationales de réutilisation. En Europe, l'Espagne et l'Italie sont les pays où la réutilisation se développe le plus rapidement, soit par de nouvelles réalisations, soit par la mise en conformité de pratiques anciennes qui consistaient à irriguer avec des eaux usées non traitées, (Labbaci et Boumenkar, 2019).

### 1. Définition des boues d'épuration

Les boues d'épuration sont des résidus issus de traitement des eaux usées domestiques et industrielles. Elle se compose d'un mélange d'eau et de la matière solide; séparés par des procédés naturels ou artificiels. La purification des eaux usées se fait par collecte par des égouts et acheminer vers les stations d'épurations pour être traitées avant leur retour dans l'environnement (Habbaaz et Siboukeur, 2019).

### 2. Composition des boues d'épuration

La composition des boues d'épurations varie selon l'origine des usées, la période de l'année, et les procédés de traitement utilisés. En général, elle contient :

- Des éléments utiles comme la matière organique, incluant des bactéries mortes et des résidus végétaux et animaux et les éléments minéraux (azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium),
- Des éléments indésirables (contaminants chimiques et organiques) ; chimiques (les éléments traces métalliques et organiques, appelés les composés traces organiques (CTO)),
- Les micro-organismes pathogènes incluant les bactéries, virus et parasites (Boulaahbal, 2011). Selon le centre d'information sur l'eau (2010), les éléments microbiens varient aussi en fonction des caractéristiques spécifiques des eaux usées traitées et des procédés des traitements utilisés dans les stations d'épuration.

### 3. Caractéristiques des boues d'épuration

Une boue est représentée par plusieurs données numériques qui permettent de la caractériser :

- **La siccité ou matière sèche :** La siccité, ou teneur en matière sèche, représente le pourcentage de matière sèche dans une boue. Par exemple, une boue avec une siccité de 10 % contient 90 % d'humidité. La matière sèche des boues est composée principalement de matières organiques et minérales. (vecteur environnement, 2007).

La consistance de la boue dépend de sa siccité :

- Boues liquides : siccité de 0 à 10 %
- Boues pâteuses : siccité de 10 à 25 %
- Boues solides : siccité de 25 à 85 %
- Boues sèches : siccité supérieure à 85 %

- **Le taux de matières volatiles sèches (MVS) :** Le taux de MVS mesure la quantité de matière organique dans la matière sèche qui peut être rapidement décomposée. Plus ce taux est élevé, plus les boues sont susceptibles de fermenter rapidement, générant ainsi du biogaz. Selon les traitements d'épuration appliqués, les boues ont des caractéristiques différentes (Adjoudj et Arab, 2018):
  - Lit bactérien : siccité 2 à 5 % ; MVS 60 à 70 % ,
  - Lagunage naturel : siccité 5 à 10 % ; MVS 30 à 60 % ,
  - Décanteur-digester : siccité 4 à 7 % ; MVS 40 à 60 % ,
  - Boues du bassin d'aération en station à boue activée (le brassage d'aération du bassin tue le processus de méthanisation du milieu) ce qui rend la boue inerte : siccité 0,4 à 0,6 % ,
  - Boues du clarificateur en station à boue activée (le brassage d'aération du bassin tue le processus de méthanisation du milieu): siccité 1 % ,

#### **4. Classification des boues d'épuration**

En fonction du critère employé, nous pouvons disposer de 3 classifications des boues générées lors des processus de traitement des eaux usées, (Adjoudj et Arab, 2018):

##### **4.1 Selon l'origine de l'effluent à traiter**

- Boues urbaines
- Boues industrielles

##### **4.2 Selon l'étape du traitement des eaux usées**

- **Les boues primaires :** proviennent de la décantation des eaux usées et sont riches en matières minérales et organiques. Elles sont présentes dans plusieurs secteurs industriels, notamment la fabrication de pâte à papier, le traitement des métaux et des minerais, et les industries agroalimentaires,(Habbaz et Siboukeur, 2019),
- **Les boues secondaires (biologiques):**Egalement appelées boues biologiques, sont utilisées pour diminuer la charge polluante des eaux usées. Cela peut être réalisé par des procédés biologiques, qui produisent des boues secondaires de type biologique, ou par des procédés physico-chimiques, qui produisent des boues secondaires de type physico-chimique (Bouzidi et Hachemi, 2019),

- **Les boues mixtes :** il s'agit d'un mélange des boues primaires et des boues secondaires,
- **Les boues tertiaires (chimiques ou physico-chimiques):** Les boues de dénitrification et de déphosphatation traitent les nitrates et les phosphates de l'eau. Le traitement des boues a pour objectif principal de réduire leur volume et les nuisances associées à leur décomposition, (Bouzidi et Hachemi, 2019),
- **Les boues d'aération prolongée :** Sont produites sans passer par une étape de décantation primaire. Elles résultent d'un processus où les matières polluantes sont intensivement aérées. Ces boues sont généralement moins concentrées en matières organiques, ce qui les rend moins susceptibles de générer des nuisances telles que les mauvaises odeurs (Guerfi, 2012).

#### **4.3 Selon le type de traitement dans les lignes des boues :**

- **Épaississement :** boues épaissies,
- **Stabilisation :** boues stabilisées (digérées),
- **Déshydratation :** boues déshydratées (Adjoudj et Arab, 2018).

### **5. Filière de traitement des boues**

Le traitement des boues comprend les étapes principales suivantes :

- L'épaississement,
- La stabilisation,
- La déshydratation.

L'objectif principal de ces opérations est de réduire les polluants présents dans les boues et de diminuer leur volume afin de faciliter leur valorisation ou leur élimination future. Voici un résumé des différentes techniques utilisées :

#### **5.1 Epaississement statique**

Pour augmenter la siccité des boues tout en conservant leur caractère liquide, plusieurs méthodes peuvent être utilisées. Ces méthodes incluent la concentration par gravité dans un épaississeur, ainsi que des techniques mécaniques telles que l'égouttage, la flottation et la

centrifugation. En général, la siccité des boues obtenue par ces procédés ne dépasse pas 7 % (Habbaz et Siboukeur, 2019).

Deux techniques d'épaississement sont possibles :

### **5.1.1 L'épaississement statique gravitaire**

Dans une cuve cylindrique conique, les boues se déposent sous l'effet de la gravité. Ce procédé est efficace pour les boues primaires, physico-chimiques et mixtes, qui se décantent facilement. En revanche, les boues biologiques se déposent plus lentement, (Rezzag et Mimouni, 2019).

### **5.1.2 L'épaississement dynamique**

C'est une technique qui utilise une force mécanique pour épaissir les boues, on distingue différents procédés :

- **Épaississement par flottation** : Ce procédé utilise de fines bulles d'air pour faire flotter les boues légères à la surface. Il est particulièrement adapté aux boues biologiques en raison de leur faible capacité de sédimentation,
- **Épaississement par égouttage** : La boue floculée est épaissie à l'aide d'une toile filtrante. Cette méthode est généralement utilisée pour les boues biologiques issues de l'aération prolongée,
- **Épaississement par centrifugation** : Ce procédé utilise la force centrifuge pour épaissir le volume de la boue floculée. Il est principalement employé pour les boues biologiques ou physico-chimiques (Belghaouti, 2013).

## **5.2 Stabilisation aérobies**

Les boues avant traitement sont souvent biologiquement actives, ce qui rend la stabilisation essentielle pour réduire cette activité, les odeurs, les matières fermentescibles, la matière organique et les pathogènes. Selon l'Office International de l'Eau, la stabilisation peut être réalisée de manière biologique (aérobie comme le compostage ou anaérobie comme la méthanisation) ou chimique (chaulage ou autres traitements). La stabilisation biologique a l'avantage de limiter les changements futurs dans la composition des boues.

L'hygiénisation, vise à réduire la concentration des agents pathogènes dans les boues. Bien que non obligatoire dans certains pays, elle est de plus en plus exigée pour des raisons sanitaires (Rezzag et Mimouni, 2019).

### **5.3 Déshydratation**

La déshydratation augmente la siccité des boues, les transformant de liquide à pâteux ou solide. Après l'épaississement (éliminant 60 à 85 % d'eau) et la stabilisation, la déshydratation retire l'eau résiduelle, produisant un déchet solide, facile à manipuler et de volume réduit (Sili et Mostefai, 2016).

Ses principaux objectifs sont:

- Augmenter la teneur en matière sèche de seulement 3-40 %,
- Diminuer les coûts de transport par réduction de volume,
- Améliorer la manipulation et le transport des boues,
- Diminuer les odeurs,
- Augmenter le pouvoir calorifique par baisse de l'humidité (Belghaouti, 2013).

Nous ne verrons que les procédés existants au niveau des installations gérées par l'ONA c'est-à-dire : lits de séchage, filtres à bandes et filtres-presses.

Les techniques de déshydratation les plus courantes sont :

#### **5.3.1 Déshydratation mécaniques**

Il existe deux types:

- La déshydratation sur décanteuse centrifuge,
- La déshydratation par filtration.

#### **5.3.2 Déshydratation naturelle**

Le séchage élimine en grande partie ou en totalité l'eau par évaporation, soit par voie naturelle (lits de séchage) soit par voie thermique :

- a) **Lit de séchage,**
- b) **Le séchage thermique.**

## **6. Valorisation agricole des boues**

Le recyclage agricole des boues d'épuration permet de valoriser la matière organique et les substances fertilisantes qu'elles contiennent. Depuis l'apparition des premières stations d'épuration dans les années 50, les boues ont été utilisées pour l'épandage sur les terres agricoles (Adjoudj et Arab, 2018).

### **6.1. La restriction d'usage en agriculture**

Les boues ne peuvent pas être utilisées sur ou dans les sols que si les conditions suivantes sont respectées, comme le mentionnent (Adjoudj et Arab, 2018):

- Les boues doivent avoir des concentrations en éléments traces métalliques inférieures aux valeurs limites et un pH supérieur à 6.
- Elles ne doivent pas être épandues sur des terres avec une pente supérieure à 7 %.
- L'accès aux terres agricoles où les boues non enfouies ont été épandues est restreint pendant 30 jours.
- La dose d'utilisation des boues doit être calculée en fonction des besoins des cultures en éléments nutritifs, ainsi que des teneurs du sol et des boues en éléments minéraux.
- Les eaux usées épurées et les boues d'épuration ne peuvent pas être utilisées simultanément sur la même parcelle la même année.
- Tout dérivé de boues destiné à être utilisé sur ou dans les sols doit respecter les mêmes restrictions que celles prévues pour l'utilisation des boues.

### **6.2. Les différentes formes de la valorisation agricole**

**L'épandage agricole direct des boues:** est réglementé avec deux périodes principales : au printemps, de mars à avril, et à la fin de l'été début automne, d'août à octobre (Adjoudj et Arab, 2018). En dehors de ces périodes, l'épandage est interdit, mais la production de boues continue, nécessitant leur stockage (Courrier de l'environnement de l'INRA, 2000). Un stockage adéquat des boues des stations d'épuration est crucial pour garantir la fiabilité des épandages. Ce stockage prolongé permet de réduire la

charge en agents pathogènes biologiques. Les boues doivent être stockées sur un sol nu pendant une période prolongée de 12 à 18 mois.

L'épandage est interdit sur des sols gelés, en forte pente, pendant les périodes de fortes pluies et sur les terres régulièrement cultivées (maraîchages) (Amir, 2005).

### **6.2. Quantités maximales de boues pouvant être épandues**

L'application des boues sur les sols agricoles doit respecter trois conditions essentielles (Courrier de l'environnement de l'INRA, 2001) :

- Calcul de la quantité : La quantité de boues à épandre est déterminée en fonction de la fertilité des sols et des besoins nutritionnels des plantes, notamment en phosphore et en azote, tout en tenant compte des autres substances épandues,
- Compatibilité avec les mesures de protection : Elle doit être compatible avec les mesures de protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole en zones vulnérables (Adjoudj et Arab, 2018),
- Adaptation aux cultures et aux sols : La quantité annuelle de boues épandues dépend des types de cultures réceptrices, de la composition des sols et des boues. Cette quantité est recalculée pour chaque cas spécifique (Boulahbal, 2011),

Les boues utilisées en agriculture peuvent être liquides, pâteuses ou solides (Courrier de l'environnement de l'INRA, 2000). Elles ne doivent pas être épandues sur des sols dont le pH est inférieur à 6 avant épandage (Recueil des Actes Administratifs, 2011).

### **6.3. Matériels d'épandage**

Les matériels d'épandage sont choisis selon la consistance physique des boues :

- Boues liquides : L'épandage se fait avec des tonnes à lisier ou avec des rampes d'aspersion à basse pression pour éviter les brouillards fins,
- Boues pâteuses ou solides : On utilise des épandeurs à plateaux équipés pour limiter les dégradations du sol (Courrier de l'environnement de l'INRA, 2000).

## **7. Compostage des boues urbaines**

C'est un processus de dégradation aérobie des matières organiques fermentescibles, qui se produit naturellement dans le sol (Taboustorey, 2001). Pour être efficace, la température doit

atteindre entre 55 et 65°C pendant au moins quatre heures. Ce processus produit un compost riche en matières humiques et libère du :CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub> et de la chaleur (Adjoudj et Arab, 2018).

Le compost issu des boues est plus sec que la boue d'origine et contient davantage de matière organique et de potasse. La conversion de la matière organique brute en composés humiques est souvent utilisée comme indicateur de la stabilité et de la maturité du compost. La teneur en matières humiques et leur structure sont des critères importants pour évaluer la qualité agronomique du compost. Cependant, la formation et la structure des substances humiques restent complexes (Amir, 2005).

Le compostage est d'abord un procédé de stabilisation de la matière organique, avant d'être un procédé de valorisation organique produisant du compost (Boulaïbal, 2011).

### **8. La valorisation agricole des boues résiduaires en Algérie**

En Algérie, la valorisation agricole des boues résiduaires n'est pas encore encadrée par une réglementation spécifique. Cependant, une directive du Ministre des Ressources en Eau, datée du 5 novembre 2017 (référence N°1018/MRE), demande aux gestionnaires de stations d'épuration de suivre les prescriptions de la norme algérienne NA 17 731 pour la valorisation des boues.

L'Institut Algérien de Normalisation (IANOR) a adopté plusieurs normes pour la caractérisation et la valorisation des boues :

- NA 17 671 : Basée sur la norme française NF U44-041 (1985), elle concerne les matières fertilisantes issues des boues des stations d'épuration urbaines.
- NA 17 672 : Adaptée de la norme française NF U 44-095 (2002) et son amendement A1 (2008), elle traite des composts contenant des matières d'intérêt agronomique provenant du traitement des eaux.
- NA 17 731 : Proposée par le MRE et publiée par l'IANOR, cette norme concerne spécifiquement la valorisation agricole des boues des stations d'épuration<sup>1</sup>.

L'utilisation agricole des boues est une méthode courante et économique pour les gestionnaires de stations d'épuration, tout en offrant des avantages agronomiques aux

agriculteurs, car les boues peuvent avoir des propriétés similaires à celles des engrais. L'épandage des boues sur les sols agricoles inclut divers produits tels que :

- Les déjections animales (fumier, lisier).
- Les sous-produits et déchets industriels (notamment de l'industrie agro-alimentaire).
- Les déchets des collectivités et des ménages, y compris les boues d'épuration.

### **8.1.Panorama de l'épandage en agriculture**

L'épandage agricole des boues résiduaires représente une solution prometteuse pour leur élimination. En raison de leur haute teneur en matière organique et en éléments fertilisants, elles peuvent être utilisées comme amendement organique (Ferradji, 2021). Ainsi, les boues résiduaires peuvent remplacer ou diminuer l'utilisation excessive d'engrais coûteux, fournissant aux cultures les nutriments essentiels à leur croissance et à leur développement, comme le mentionnent Siboukeur (2010) et Chergui (2020). Cependant, l'utilisation agricole de ces matières organiques doit être réalisée en tenant compte des contraintes environnementales (Ferradji, 2021).

### **8.2.Calcul de la dose d'épandage**

Pour déterminer la quantité annuelle de boues à épandre, il est essentiel de prendre en compte les types de cultures réceptrices, la composition des sols et celle des boues. Cette évaluation doit être recalculée pour chaque situation spécifique (Boulahbal, 2011).

Afin de minimiser les pertes de nutriments vers les eaux, il est crucial de respecter les doses d'épandage et d'assurer une distribution uniforme. L'agriculteur doit tenir un cahier d'épandage où est consignée la nature des cultures, les dates d'épandage, les quantités de boues appliquées, ainsi que les unités d'azote, du phosphore et du potassium apportées. Enregistrer les rendements permet de faciliter l'élaboration des plans de fertilisation et l'établissement des bilans d'azote (Ferradji, 2021).

### **8.3.Les délais après l'épandage**

La durée de stockage des boues ne doit pas dépasser 48 heures, et seules les quantités nécessaires pour la période d'épandage prévue sont entreposées. Avant de permettre aux animaux de pâturer ou de cultiver des légumes, les boues doivent être incorporées dans le sol immédiatement après l'épandage, conformément à Amir(2005). Si les boues ne sont pas

directement incorporées, l'accès aux terres agricoles est restreint pendant 30 jours (Ferradji, 2021).

#### **8.4. Précautions lors de l'épandage**

Lors de l'épandage des boues d'épuration, plusieurs précautions doivent être prises pour garantir la sécurité et la conformité aux normes en vigueur. Selon Ferradji (2021), il est recommandé de porter des vêtements spécifiques tels que des combinaisons, d'utiliser des gants de travail et des masques pour se protéger des aérosols, et de laver le matériel d'épandage en fin de journée.

En outre, les points suivants doivent être respectés :

- **Interdiction d'utilisation agricole :** Les boues d'épuration ne peuvent être utilisées dans le domaine agricole que si elles sont conformes aux normes en vigueur et après engagement de l'exploitant agricole à respecter les conditions d'épandage,
- **Restrictions sur les cultures :** Il est interdit d'épandre des boues sur les terres cultivées ou destinées à la culture des légumes pendant une période de 12 mois avant la culture. Cette interdiction s'applique également à toutes les cultures en contact direct avec le sol et celles susceptibles d'être consommées crues,
- **Conformité aux normes :** L'épandage doit respecter les conditions fixées par les normes en vigueur concernant la qualité des boues et leur accumulation dans le sol.
- **Épandage de boues séchées :** Cette pratique doit être réalisée selon les besoins de l'exploitation agricole,
- **Homogénéité de l'épandage :** L'épandage doit être effectué de manière homogène, avec un labour nécessaire pour incorporer les boues dans le sol,
- **Arrêt en cas de doute :** L'opération d'épandage doit être arrêtée en cas d'incertitude des services de contrôle sur les effets négatifs potentiels sur la qualité des eaux (de surface ou souterraines) ou sur le sol,
- **Information des employés :** L'exploitant agricole doit informer ses employés en contact direct avec les boues des risques sanitaires et des précautions à prendre,
- **Respect des règles sanitaires :** L'exploitant agricole doit se conformer aux règles de protection de la santé, y compris le port de vêtements de travail spécifiques, les visites médicales et la prise des vaccins prescrits par les services sanitaires.

Ces précautions sont essentielles pour garantir la sécurité des travailleurs et la protection de l'environnement lors de l'épandage des boues d'épuration.

### **8.5.L'intérêt agronomique des boues**

Les boues d'épuration offrent un double avantage agronomique. Premièrement, elles peuvent remplacer les engrais chimiques en fournissant des éléments nutritifs essentiels aux plantes, tels que l'azote, le phosphore et le calcium. Deuxièmement, elles jouent un rôle d'amendement en enrichissant le sol en éléments nutritifs et en améliorant sa structure grâce à l'apport de matière organique, ce qui favorise la formation d'humus. Selon Ferradji (2021), ces caractéristiques rendent les boues particulièrement intéressantes pour l'agriculture.

## **9. Filières de traitement**

### **9.1.Traitement des eaux**

Les effluents sont transférés jusqu'à la station d'épuration par des postes de relèvement. Les eaux sont dirigées vers les ouvrages de prétraitements :

A l'aval des prétraitements, un ouvrage permet de répartir le débit entre les deux décanteurs primaires.

A la sortie du bassin de décantation, les eaux décantées sont mélangées avec les boues de recirculation avant admission dans le traitement biologique. Ce dernier est constitué de :

- zones aérées rectangulaire d'un volume total de 9000 m<sup>3</sup>,
- Un ouvrage de dégazage et de répartition / commun,
- Deux files de clarification dont chacune comprend :

Un clarificateur.

Un ouvrage de recirculation /extraction des boues.

- Une bache de désinfection,
- Un canal de comptage.

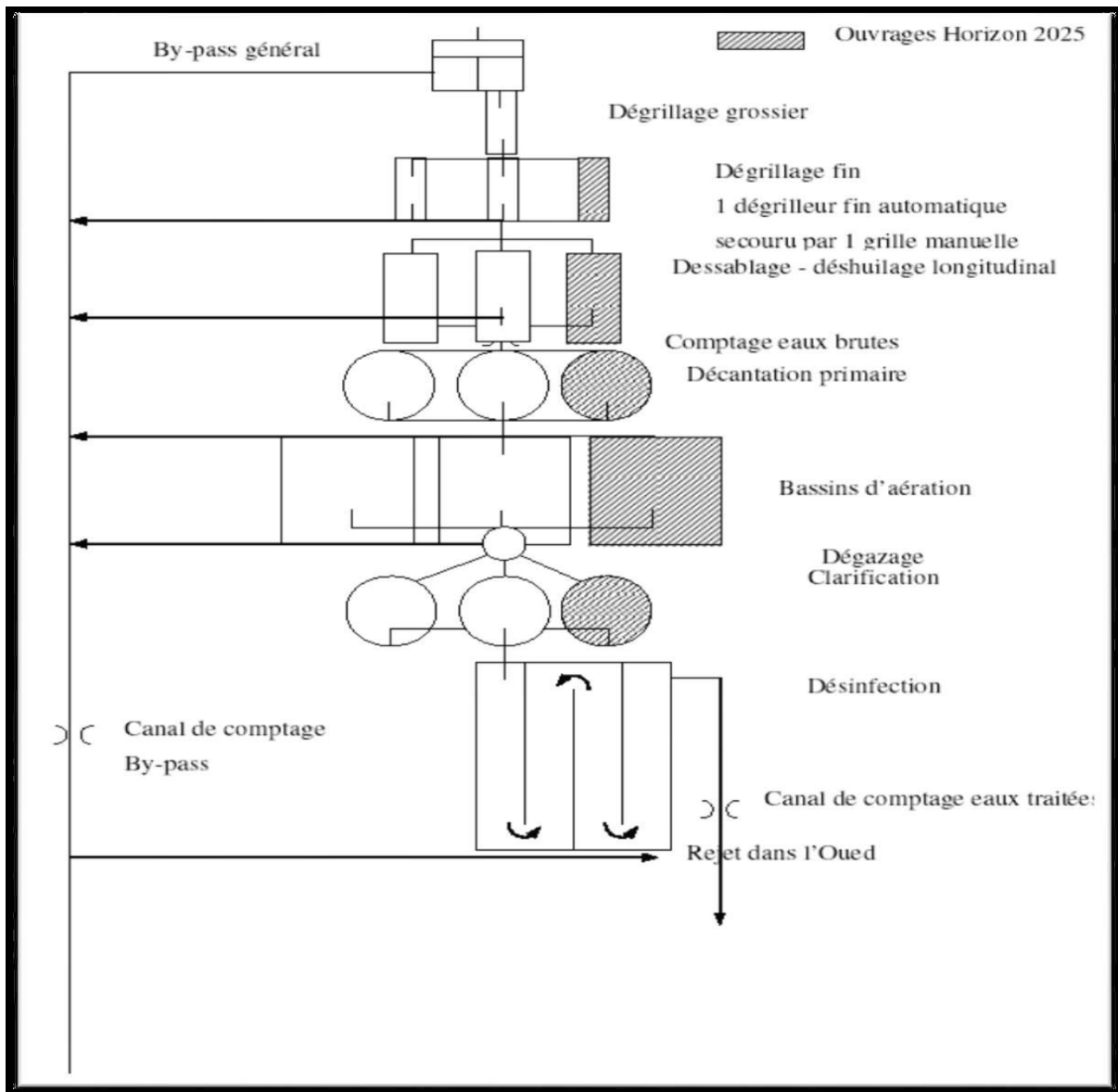


Figure 1 : Schéma de la filière de traitement des eaux

### 9.2. Traitement des boues

La filière de traitement retenue est la suivante :

- Stabilisation aérobie sur deux bassins,
- Epaissement statique sur une épaisseur hersée,
- Déshydratation sur lit de séchage.

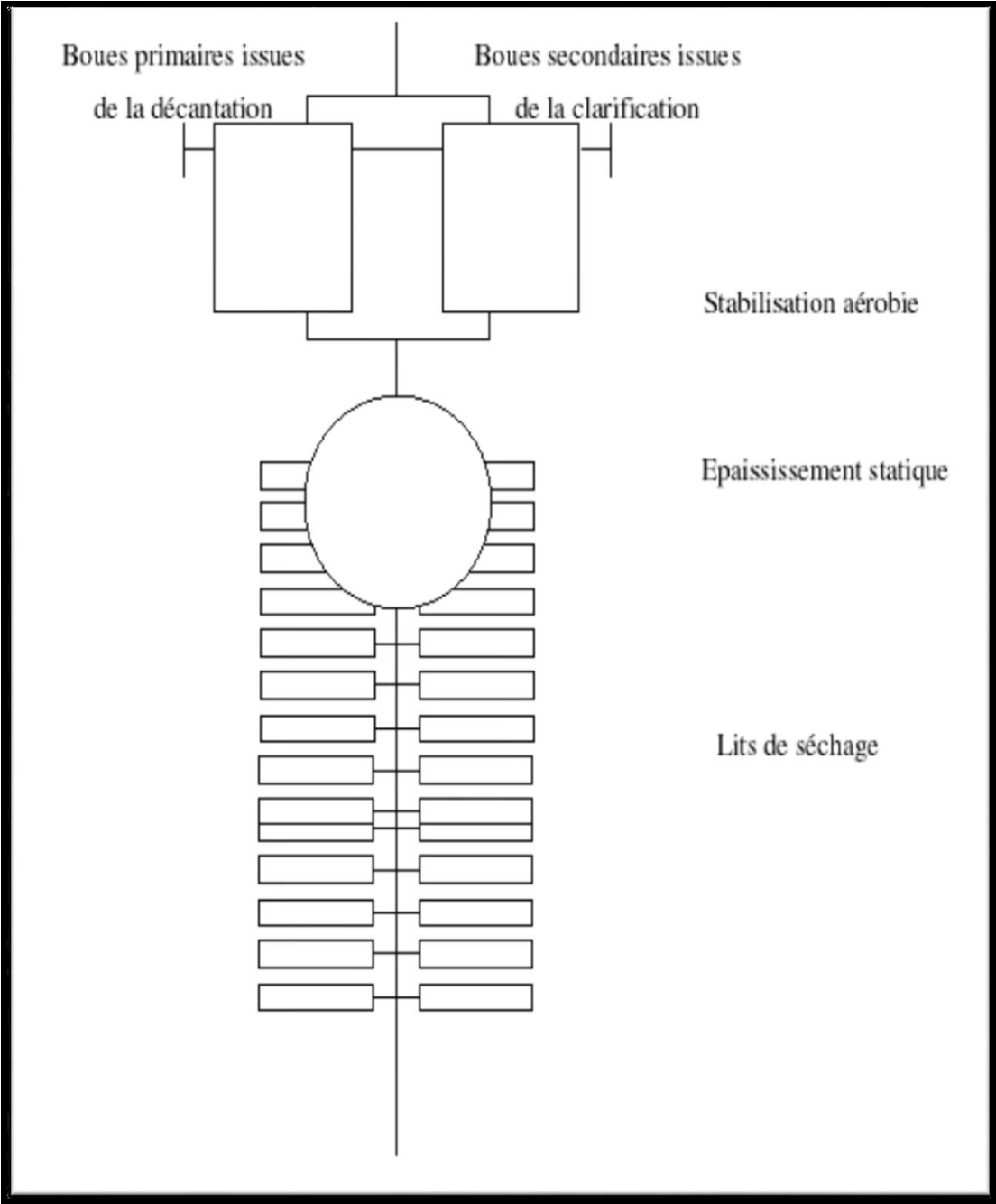


Figure 2: Schéma de la filière de traitement des boues

**Matériels et méthodes :**

Nous avons réalisé une enquête approfondie auprès d'un échantillon de quinze agriculteurs dans la wilaya de Tizi Ouzou. Ces agriculteurs utilisent les boues traitées dans leurs pratiques agricoles, mais ne font pas usage des eaux usées traitées. L'objectif principal de cette enquête était de comprendre les raisons qui motivent cette préférence pour les boues et les réticences à utiliser les eaux usées traitées. Pour ce faire, nous avons exploré les connaissances, perceptions et pratiques des agriculteurs concernant la réutilisation des eaux usées et des boues.

Afin de recueillir des données pertinentes, nous avons élaboré des questionnaires détaillés destinés aux agriculteurs. Ces questionnaires portaient sur divers aspects liés à l'utilisation des boues et des eaux usées traitées, ainsi que sur leur perception de l'Office National de l'Assainissement (ONA). Grâce à ces questionnaires, nous avons pu obtenir des informations précieuses sur les pratiques actuelles et les obstacles perçus à l'adoption des eaux usées traitées dans l'agriculture.

**1. Question pour l'agriculteur sur l'utilisation des boues résiduelles urbaines :**

**Q1 : Quel est votre degré de connaissance de l'intérêt agronomique des boues d'épuration urbaines ?**

- Faible,

- Moyen,

- Élevé,

**Q2 : Les parcelles sur lesquelles vous avez épandu les boues sont-elles suivies par les organismes suivants :**

- ONA (Office National de l'Assainissement),

- Université,

- DSA (Direction de Services Agricoles),

Autres (préciser),

**Q3 : Quel est l'âge de l'exploitation agricole utilisant les boues ?**

- 1- Moins de 5 ans,
- 2- Entre 5 et 10 ans,
- 3- Entre 10 et 15 ans,
- 4- Entre 15 et 20 ans,
- 5- Entre 20 et 30 ans,
- 6- Plus de 30 ans,

**Q4 : Quels types de cultures cultivez-vous sur les parcelles où vous épandez les boues ?**

- 1- Céréales (blé, maïs, etc.),
- 2- Légumes (tomates, carottes, etc.),
- 3- Fruits (pommes, raisins, etc.),
- 4- Cultures fourragères (maïs ensilage, luzerne, etc.),
- 5- Autres (préciser),

**Q5 : Quelle est la fréquence d'épandage des boues sur vos parcelles agricoles ?**

- 1- Annuelle,
- 2- Pluriannuelle (tous les deux ans, tous les trois ans, etc.),
- 3- Ponctuelle (occasionnelle),

**Q6 : Disposez-vous d'une analyse de sol préalable avant l'épandage des boues sur vos parcelles agricoles ?**

- 1- Oui,
- 2- Non,

**Q7 : Avez-vous constaté des effets positifs sur vos cultures suite à l'épandage de boues ?**

- 1- Oui,

2- Non,

**Q8 : Quels sont, les principaux avantages de l'utilisation des boues en agriculture ?**

1- Amélioration de la fertilité du sol,

2- Réduction des besoins en engrais chimiques,

3- Valorisation des déchets urbains,

4- Autres (préciser),

**Q9 : Quels sont, les principaux inconvénients ou risques associés à l'utilisation des boues en agriculture ?**

1- Risques pour la santé humaine,

2- Risques de pollution de l'environnement (eau, air, sol),

3- Autres (préciser),

**Q10 : Avez-vous bénéficié de formations ou d'informations spécifiques sur la gestion et la valorisation des eaux usées épurées et des boues résiduaires en agriculture ?**

1- Oui,

2- Non,

**Q11 : Seriez-vous intéressé par des technologies innovantes ou de nouvelles méthodes pour optimiser l'utilisation des boues en agriculture ?**

1- Oui,

2- Non,

**Q12 : Avez-vous mis en place des mesures spécifiques pour limiter les impacts négatifs potentiels de l'épandage des boues sur l'environnement ?**

1- Oui (préciser lesquelles),

2- Non,

**Q13 : Quelles informations supplémentaires ou quel type de soutien serait le plus utile pour vous concernant l'utilisation des boues en agriculture ?**

- 1- Informations techniques sur l'épandage,
- 2- Accès facilité à des analyses de qualité des boues,
- 3- Soutien financier ou subventions pour l'épandage,
- 4- Formations sur les bonnes pratiques,
- 5- Autre (préciser),

**Q14 : Êtes-vous informé des réglementations en vigueur concernant l'épandage des boues d'épuration en agriculture ?**

- 1- Oui, parfaitement informé,
- 2- Oui, mais souhaite plus d'informations,
- 3- Non, peu informé,
- 4- Non, pas du tout informé,

**Q15 : Seriez-vous ouvert à participer à un programme de suivi à long terme sur les impacts de l'épandage des boues sur les sols, les cultures, et l'environnement ?**

- 1- Oui, très ouvert,
- 2- Oui, quelque peu ouvert,
- 3- Non, pas ouvert,

**Q16 : Avez-vous déjà rencontré des oppositions ou des réticences de la part de la communauté locale ou des consommateurs concernant l'utilisation des boues d'épuration en agriculture ?**

- 1- Oui, souvent,
- 2- Oui, quelques fois,
- 3- Non, jamais,

**Q17 : Considérez-vous le coût associé à l'utilisation des boues (transport, épandage, etc.) comme un obstacle majeur ?**

- 1- Oui, c'est un obstacle majeur,
- 2- C'est un obstacle mineur,
- 3- Non, ce n'est pas un obstacle,

**Q18 : Avez-vous besoin de davantage de recherches et de données scientifiques pour être convaincu de l'efficacité et de la sécurité de l'utilisation des boues en agriculture ?**

- 1- Oui, absolument,
- 2- Oui, dans une certaine mesure,
- 3- Non, pas spécialement,
- 4- Non,

**Q19 : Quelle importance accordez-vous à la traçabilité des boues d'épuration utilisées sur vos terres ?**

- 1- Très importante,
- 2- Pas importante,

**Q20: Avez-vous déjà refusé d'utiliser des boues d'épuration pour des raisons éthiques ou environnementales ?**

- 1- Oui,
- 2- Non,

**Q21 : Avez-vous déjà bénéficié de consultations avec des experts en agronomie ou en environnement pour évaluer l'impact de l'utilisation des boues sur votre exploitation ?**

- 1- Oui, régulièrement,
- 2- Oui, occasionnellement,
- 3- Non, jamais,

**Q22 : Seriez-vous prêt à partager vos données d'exploitation et résultats de culture pour une étude sur les impacts à long terme de l'utilisation des boues ?**

- 1- Oui, totalement disposé,
- 2- Oui, mais seulement anonymement,
- 3- Non, je préfère ne pas partager,

**Q23 : Êtes-vous intéressé par des partenariats ou des collaborations avec des organisations de recherche pour améliorer les pratiques d'épandage et le traitement des boues ?**

- 1- Oui, très intéressé,
- 2- Peu intéressé,

**2. Question pour L'ONA:**

**Q1 :** En quelle année l'épandage des boues d'épuration urbaines (BEU) sur sols agricoles a-t-il eu lieu dans la wilaya de Tizi-Ouzou ?

**Q2 :** Quelles sont les quantités annuelles de boues d'épuration urbaines épandues depuis 2013 à 2023 ?

<b>Années</b>	<b>Quantité épandue (en tonnes)</b>
2013	
2014	
2015	
2016	
2017	
2018	
2019	
2020	
2021	
2022	

**Q3 :** Les boues d'épuration urbaines (BEU) produites sont-elles toutes destinées à l'épandage agricole ? Selon vos analyses statistiques, quel est le pourcentage ?

<b>Années</b>	<b>Pourcentage destiné à l'épandage agricole (%)</b>
2013	
2014	
2015	
2016	
2017	
2018	
2019	
2020	
2021	
2022	
2023	

**Q4 :** Si les boues sont valorisées dans d'autres secteurs, lesquels ?

**Q5 :** Quel type de cultures bénéficie principalement de l'épandage des boues d'épuration urbaines (BEU) dans votre région ? Veuillez lister les types de cultures et estimer le pourcentage d'épandage pour chaque type :

<b>Type de culture</b>	<b>Pourcentage d'épandage (%)</b>
<b>Céréales</b>	
<b>Légumineuses</b>	
<b>Maraîchage</b>	
<b>Arboriculture</b>	
<b>Autres</b>	

**Q6 :** Quelles méthodes d'épandage des BEU sont principalement utilisées dans votre exploitation ? Veuillez indiquer les méthodes utilisées et leur fréquence :

<b>Méthode d'épandage</b>	<b>Fréquence d'utilisation</b>
<b>Épandage direct</b>	
<b>Incorporation dans le sol</b>	
<b>Compostage avant épandage</b>	
<b>Autres (préciser)</b>	

**Q7 :** Quels sont les principaux systèmes de traitement des eaux usées utilisés dans votre région ?

**Q8 :** Quelle proportion des eaux usées traitées est destinée à l'agriculture ?

**Q9 :** Comment les risques pour la santé humaine et l'environnement liés à l'utilisation des eaux usées épurées en agriculture sont-ils évalués et gérés ?

**Q10 :** Existe-t-il des différences régionales ou sectorielles dans les pratiques de gestion et de valorisation des eaux usées épurées et des boues résiduaires en agriculture ?

**Q11:** Quels sont les critères utilisés pour déterminer la qualité des eaux usées épurées et des boues résiduaires en tant qu'amendements agricoles ?

**Q12:** Quelles sont les méthodes de stockage et de transport des boues résiduaires les plus couramment utilisées ?

**Q13:** Quelles sont les cultures ou les types de sols les plus adaptés à l'utilisation des boues résiduaires comme engrais ?

**Q14:** Quelles sont les alternatives à l'utilisation des boues résiduaires en agriculture et comment se comparent-elles en termes d'efficacité et de durabilité ?

**Q15:** Quels sont les impacts potentiels de l'utilisation à long terme des boues résiduaires sur la qualité des sols et des eaux souterraines ?

**Q16 :** Quels sont les systèmes de surveillance et de suivi en place pour évaluer l'impact environnemental de l'utilisation des boues résiduaires en agriculture ?

**3. Enquête sur l'utilisation des eaux usées traitées**

- La source d'irrigation :    STEP     Forage     Mélange     Pluvial
- Pourquoi utilisez-vous cette source ?

---

**1/ Eau de STEP**

- Quel est le type de votre bassin ?
- Quelle est sa capacité ?
- Date de sa réalisation ?
- Est-ce-que le volume de bassin assure vos besoins en irrigation ?    Oui     Non
- Equipement du bassin :     Géo-membrane  
    Station de pompage  
    Filtre  
    Entretien
- Lâcher d'eau à partir de la STEP, est-ce-que sous contrat ?    Oui     Non
- Période de lâcher :    Début ..... / .....    Fin ..... / .....
- Fréquence de lâcher : .....    Jours/ Semaine
- Durée de lâcher : .....    Heurs/ Jours
- Avez-vous un contact permanent avec l'ONA?    Oui     Non
- Si oui, quel type de contact ?     Conseils  
    Analyses  
    Autres :
- Est-ce-que l'eau est tarifée ?     Oui     Non  
    - Si oui, combien ? .....
- Faites vous des analyses des ces eaux ?     Oui     Non
- Si oui, quel type d'analyse ?     physico-chimiques     bactériologiques  
   Biologiques

---

**2/ Eau souterraine (puit /forage)**

- Profondeur : .....
- Equipement :    Station de pompage   
   Filtre

- Entretien :
- Utilisation Collective  Individuelle
- 

**3/Eau mélangée**

Eau de forage	Volume apporté (m <sup>3</sup> )	Eau usée traitée	Volume apporté (m <sup>3</sup> )
Période :		Période :	
Fréquence :		Fréquence :	
Durée :		Durée :	
Débit :		Débit :	

- Sur quelle base remplissez-vous votre bassin (à partir des deux sources d'eau) ?
-

#### **4. Les étapes de réalisation de l'enquête**

Après avoir préparé les questionnaires destinés aux agriculteurs, couvrant à la fois l'utilisation des eaux usées traitées et des boues résiduaires urbaines, ainsi que le questionnaire destiné à l'Office National de l'Assainissement (ONA), nous avons soumis une demande d'accès à l'ONA pour obtenir les réponses nécessaires à mon enquête. Nous avons également contacté la Direction des Services Agricoles (DSA) de Tizi Ouzou pour obtenir des informations sur les agriculteurs utilisant les boues résiduaires urbaines dans cette région.

Une semaine plus tard, nous nous sommes rendus à l'ONA pour récupérer les réponses à mes questionnaires. Cependant, ils ont refusé de nous fournir les informations demandées, en précisant que ces données étaient internes et que nous n'avons pas l'autorisation d'y accéder. En revanche, la DSA a été plus coopérative et nous a orientés vers les subdivisions agricoles des différentes daïras, avec l'accord de nous fournir des données sur les agriculteurs, en précisant que l'utilisation des boues est autorisée uniquement pour les cultures arboricoles fruitières.

Pour collecter ces données, nous sommes déplacés vers les subdivisions agricoles de la wilaya de Tizi Ouzou, notamment celles de Tizi Ouzou, Tiziret, Azefoune, Ouaguenoune, Freha, Draa El Mizan, Mekla, Irjel, Makouda, Azazga, et Draa Ben Khedda. Notre objectif était de recenser les agriculteurs utilisant les boues d'épuration dans les cultures arboricoles fruitières. Après plusieurs visites et entretiens, nous avons identifié 15 agriculteurs qui répondaient à ces critères et avec lesquels nous avons pu travailler pour cette enquête.

Une fois les agriculteurs recensés, nous avons distribué les questionnaires en prenant soin d'expliquer en détail leur contenu et de répondre aux questions sur place pour certains d'entre eux. Pour d'autres agriculteurs, nous avons laissé les questionnaires afin qu'ils puissent y répondre à leur convenance, avec la promesse de les récupérer une semaine plus tard. De plus, certains agriculteurs ont préféré répondre par téléphone, ce qui nous a permis de poser les questions et de fournir les explications nécessaires directement.

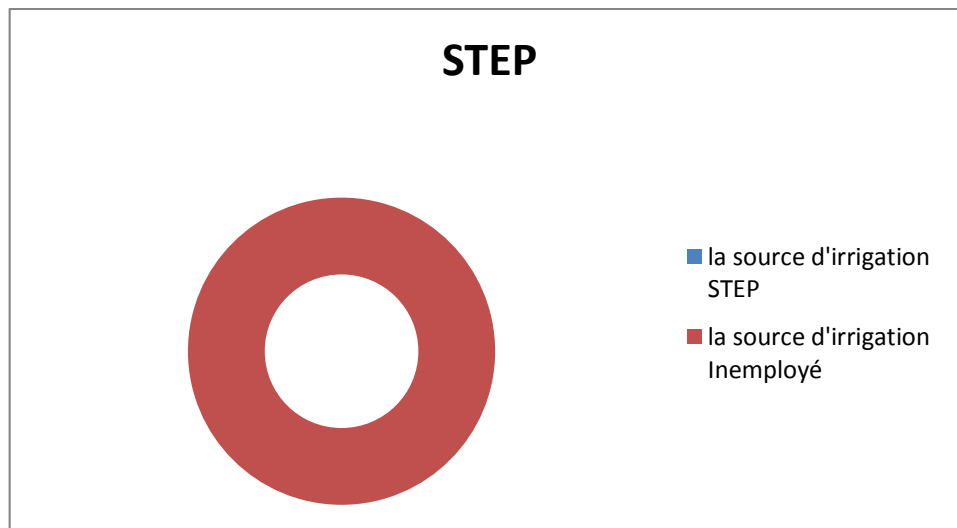
Cette approche nous a permis de recueillir des données précieuses et variées sur l'utilisation des boues d'épuration en arboriculture fruitière dans la région de Tizi Ouzou, ce qui constitue une base solide pour notre enquête.

## 1. Enquête sur l'utilisation des eaux usées traitées

Notre enquête auprès de quinze agriculteurs dans la wilaya de Tizi Ouzou a permis de mettre en lumière les pratiques agricoles actuelles, les avantages perçus et les défis liés à l'utilisation des eaux usées épurées. Les résultats montrent une absence totale d'utilisation de ces eaux, soulignant des obstacles tels que le manque d'information, les perceptions négatives et les barrières infrastructurelles et financières. Pour encourager l'adoption de cette pratique, il est crucial de sensibiliser les agriculteurs, de fournir des aides financières et de développer des infrastructures adéquates, tout en garantissant la sécurité et la qualité des eaux usées épurées.

### 1. Analyse des résultats de l'enquête sur les eaux usées épurées

**Figure 3: Utilisation de la STEP comme source d'irrigation**



Le diagramme montre que 0 % des sources d'irrigation utilisent les eaux usées traitées (STEP), tandis que 100 % des sources d'irrigation n'utilisent pas ces eaux. Cela signifie que, dans votre échantillon, aucune des sources d'irrigation ne fait appel aux eaux usées traitées.

Cela pourrait indiquer une réticence ou des obstacles à l'adoption de l'utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation dans la région étudiée.

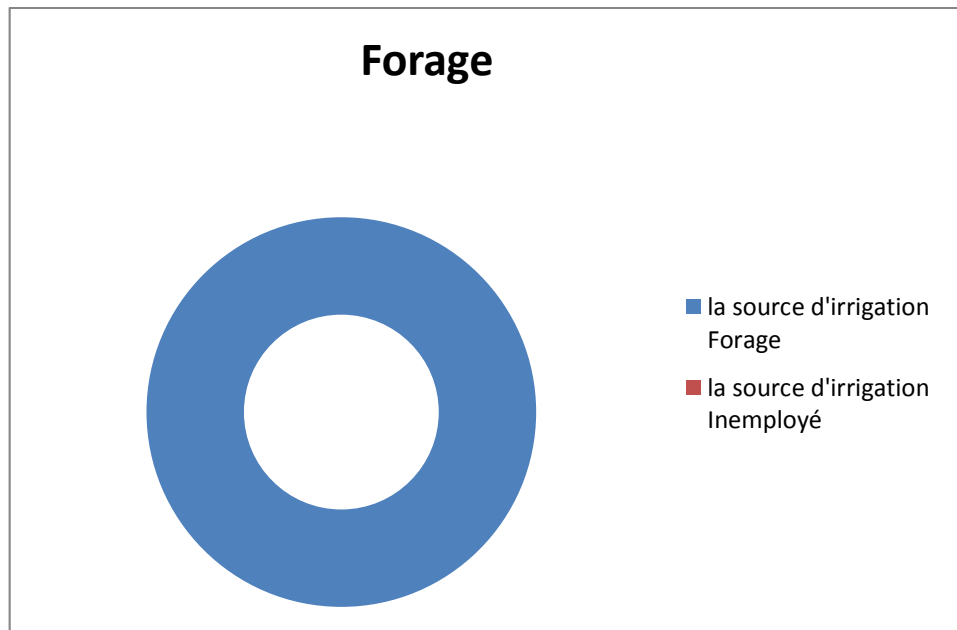
Notre étude menée auprès de 15 agriculteurs de la région de tizi ouzou, révèle de manière surprenante que 100 % d'entre eux n'utilisent pas les eaux usées traitées produites par la station d'épuration locale pour irriguer leurs cultures. Cela souligne des défis importants tels que le manque d'information, les perceptions négatives, et les barrières

infrastructurelles et financières. Pour promouvoir l'adoption de cette pratique, il est essentiel de sensibiliser les agriculteurs, de fournir des aides financières, et de développer des infrastructures adéquates, tout en assurant la sécurité et la qualité des eaux usées traitées.

**Tableau 6 : Utilisation de la STP comme source d'irrigation**

		la source d'irrigation	
		STEP	Inemployé
pourcentages		0	100

**Figure 4 : Utilisation de la Forage comme source d'irrigation**



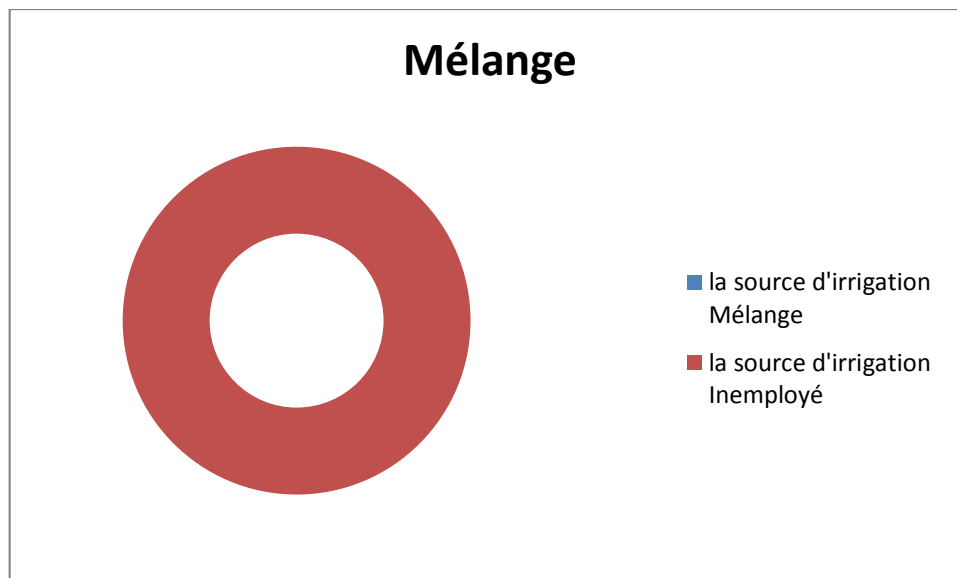
D'après le diagramme, il semble que tous les agriculteurs interrogés (100 %) utilisent l'eau de forage comme source d'irrigation, tandis qu'aucun d'entre eux (0 %) n'utilise d'autres sources d'irrigation.

Cela pourrait indiquer une forte dépendance à l'eau de forage dans la région. Il serait intéressant de comprendre pourquoi les agriculteurs préfèrent cette source d'eau et s'il y a des raisons spécifiques pour lesquelles d'autres sources ne sont pas utilisées. Peut-être pourriez-vous explorer les aspects économiques, la disponibilité de l'eau, ou les perceptions des agriculteurs sur la qualité de l'eau de forage par rapport à d'autres sources.

**Tableau 7: Utilisation de la Forage comme source d'irrigation**

		la source d'irrigation	
		Forage	Inemployé
pourcentages		100	0

**Figure 5: Utilisation de Mélange de source d'eaux pour d'irrigation**



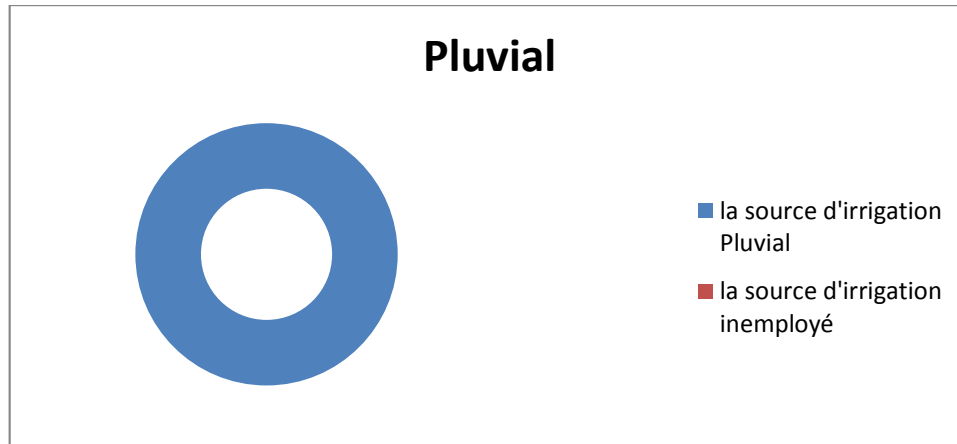
D'après les résultats qu'on a, aucun des agriculteurs interrogés (0 %) n'utilise un mélange de sources d'irrigation.

Cela pourrait indiquer que les agriculteurs de votre échantillon préfèrent ne pas mélanger différentes sources d'eau pour l'irrigation. Les raisons pourraient inclure des préoccupations concernant la compatibilité des différentes sources d'eau, des coûts supplémentaires associés au mélange, ou des préférences pour une source unique en raison de sa fiabilité ou de sa qualité perçue.

**Tableau 8:Utilisation de Mélange de source d’eaux pour d’irrigation**

	la source d'irrigation	
	Mélange	Inemployé
pourcentages	0	100

**Figure 6: Utilisation de Pluit comme source d’irrigation**



D’après les résultats qu’on a récoltés, tous les agriculteurs interrogés (100 %) utilisent l’eau pluviale comme source d’irrigation, tandis qu’aucun d’entre eux (0 %) n’utilise d’autres sources.

Cela indique une forte dépendance à l’eau pluviale pour l’irrigation dans la région. Les raisons pourraient inclure la disponibilité naturelle de l’eau de pluie, les coûts réduits par rapport à d’autres sources d’irrigation, ou des perceptions positives concernant la qualité de l’eau pluviale.

**Tableau 9 : Utilisation de Pluit comme source d’irrigation**

	la source d'irrigation	
	Pluvial	inemployé
pourcentages	100	0

**Les sources d’irrigation utilisée**

Les diagrammes indiquent les pourcentages des différentes sources d’irrigation utilisées :

- STEP 0 %,

- Forage 100 %,
- Mélange 0 %,
- Pluviale 100 %.

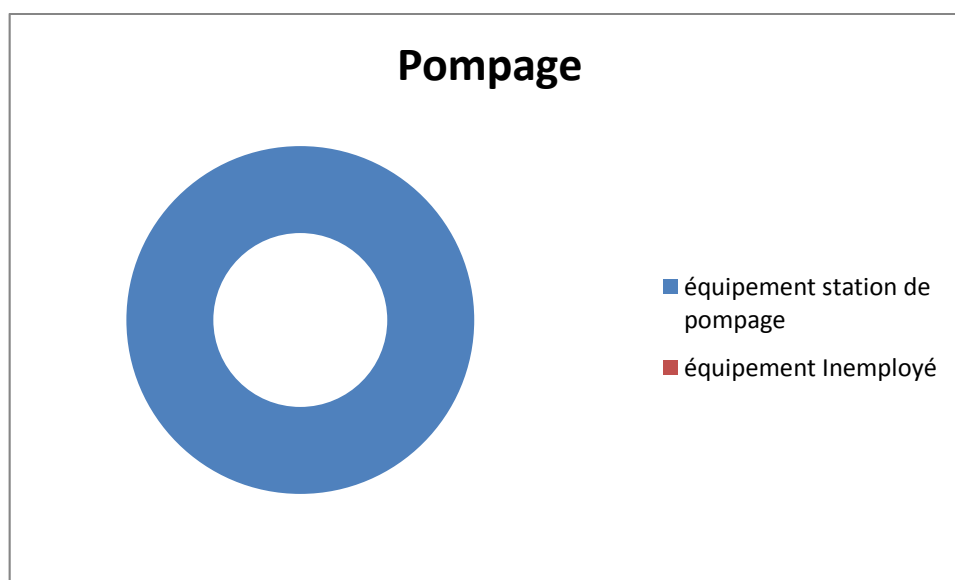
Cela signifie que l'irrigation provient exclusivement de deux sources forage et pluvial, chacune présentant 100 % de l'irrigation utilisée. Aucune irrigation ne provient de la STEP, ni d'un mélange d'eaux.

En conclue, les résultats de votre enquête montrent que les agriculteurs de la région de Tizi Ouzou utilisent exclusivement deux sources d'irrigation : l'eau de forage et l'eau pluviale, chacune représentant 100 % de l'irrigation utilisée. Aucune utilisation de STEP (Station d'Épuration des Eaux Usées) ou de mélange de sources n'a été observée. Cela souligne une forte dépendance à ces deux sources spécifiques, probablement en raison de leur disponibilité, de leur coût et de la perception de leur qualité. Pour une compréhension plus approfondie, il serait utile d'explorer les raisons derrière ces choix et les défis potentiels associés à l'utilisation de ces sources d'irrigation.

**Tableau 10 : les sources d'irrigation utilisée**

	la source d'irrigation			
	STEP	Forage	Mélange	Pluvial
pourcentages	0	100	0	100

**Figure 7 : utilisation des stations de pompage**



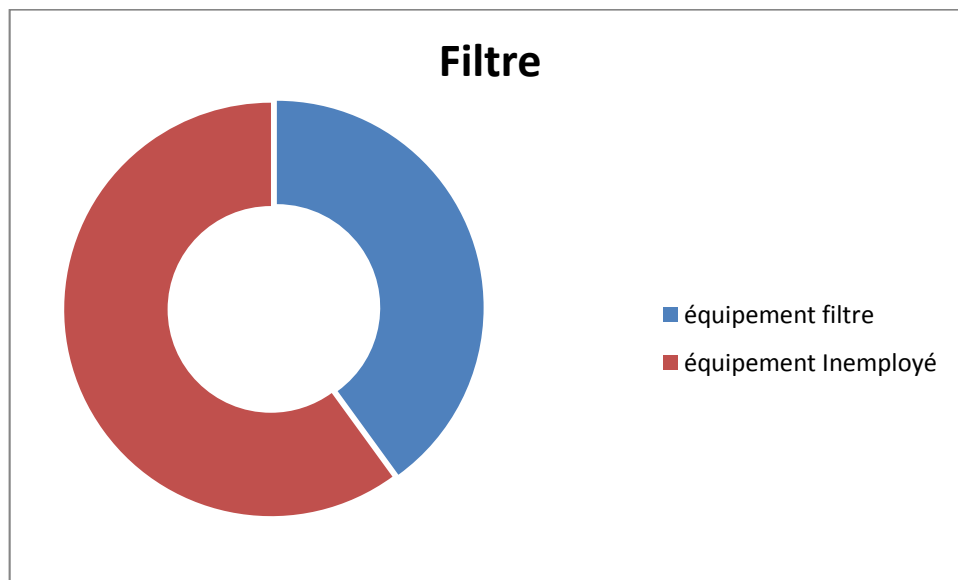
D'après le diagramme, tous les agriculteurs interrogés (100 %) utilisent une station de pompage pour l'irrigation, tandis qu'aucun d'entre eux (0 %) n'utilise d'autres équipements.

Cela indique une dépendance totale à l'utilisation des stations de pompage pour l'irrigation. Les raisons pourraient inclure l'efficacité et la fiabilité des stations de pompage pour extraire et distribuer l'eau, ainsi que la disponibilité de l'infrastructure nécessaire pour leur fonctionnement.

**Tableau 11 : utilisation des stations de pompage**

		équipement	
		station de pompage	Inemployé
pourcentages		100	0

**Figure 8 : utilisation des filtres**



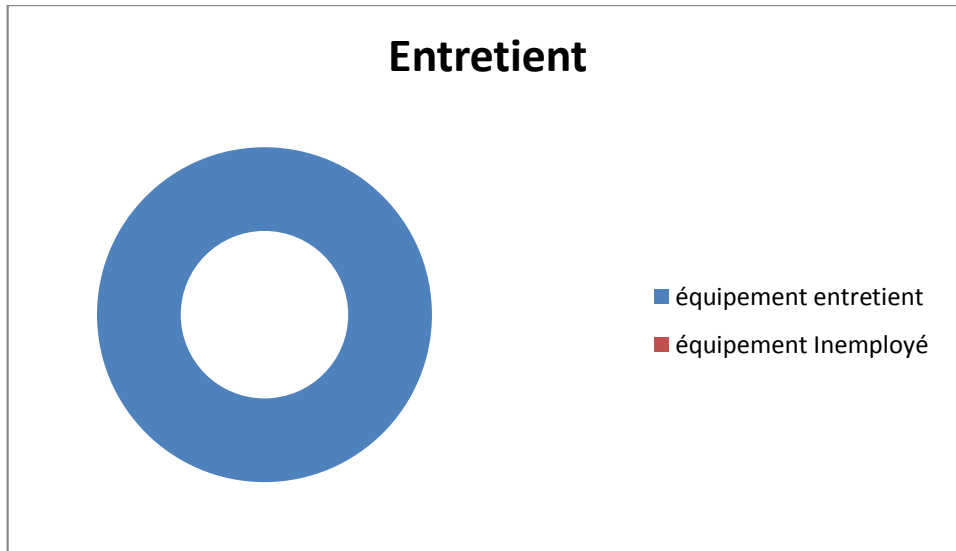
D'après le diagramme, nous pouvons dire que parmi les personnes interrogées, 40 % utilisent un filtre pour traiter les eaux usées ou les boues d'épuration avant de les utiliser en agriculture, tandis que 60 % ne les utilisent pas.

Cela pourrait indiquer une répartition des pratiques agricoles dans la région de Tizi Ouzou, où une majorité des agriculteurs ne se servent pas de filtres. Les raisons pourraient varier, allant de la disponibilité et du coût des équipements à la perception de leur nécessité ou efficacité.

Tableau12 : utilisation des filtres

		équipement	
		filtre	Inemployé
pourcentages	40	60	

Figure 9 : utilisation d’entretien



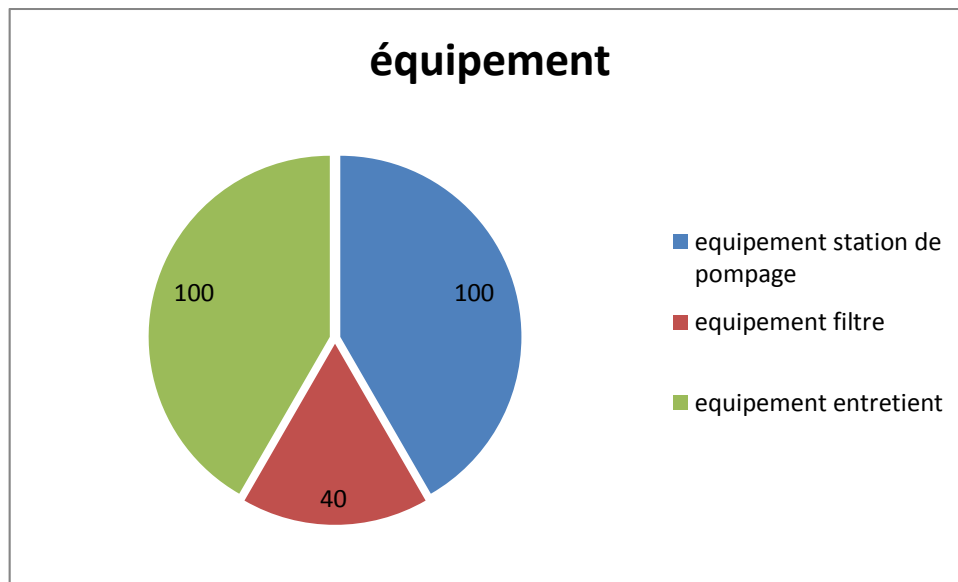
Selon le diagramme, nous pouvons dire que 100 % des personnes interrogées entretiennent leur équipement utilisé pour le traitement des eaux usées ou des boues d’épuration, et aucune ne néglige cet entretien.

Cela montre une prise de conscience et une responsabilité élevées parmi les agriculteurs concernant l’importance de l’entretien de leurs équipements. Un bon entretien est crucial pour assurer l’efficacité et la durabilité des équipements, ce qui peut également influencer positivement la qualité des cultures et la santé des sols.

Tableau 13 : utilisation d’entretien

		équipement	
		entretien	Inemployé
pourcentages	100	0	

Figure 10 : les équipements utilisés



Le diagramme circulaire représente la répartition en pourcentage de différents types d'équipements utilisés dans une station de pompage :

- **Station de pompage (bleu) :** cette section représente des équipements de la station de pompage avec une valeur de 100 %. Cela indique et l'importance ou une allocation significative pour ce type d'équipement.
- **Filtre (rouge) :** cette section représente les équipements de filtrage avec les valeurs de 40 %. Cela montre une allocation ou une importance moindre par rapport aux autres équipements.
- **Entretien (vert) :** cette section représente, les équipements d'entretien également avec une valeur de 100 %. Cela souligne une importance égale à celle des stations de pompage pour les équipements d'entretien.

Le diagramme montre une répartition où des stations de pompage ou et les équipements d'entretien ont eu une importance égale et significative tandis que les équipements de filtrage ont une importance moindre.

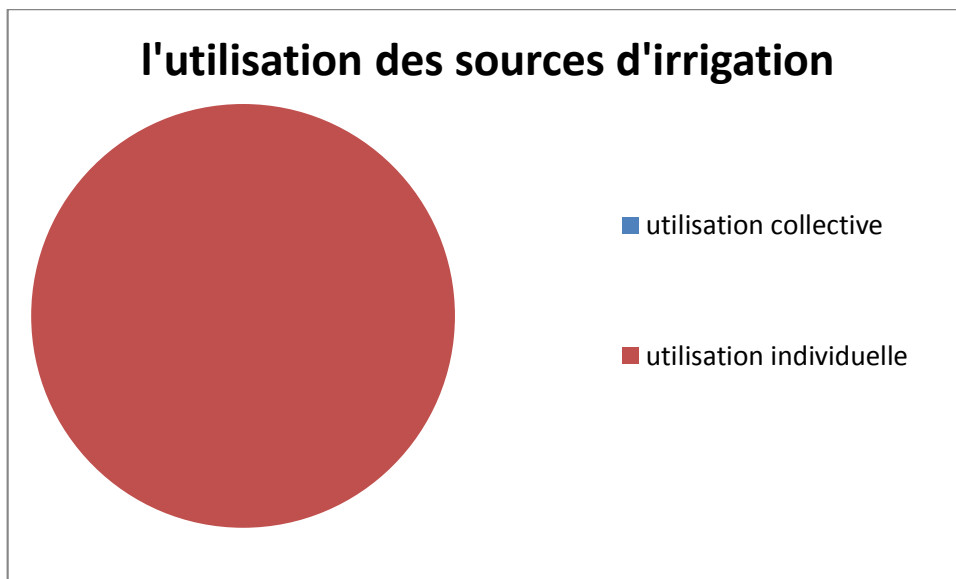
Le diagramme circulaire met en évidence l'importance relative des différents types d'équipements dans une station de pompage. Les équipements de la station de pompage et ceux d'entretien sont jugés tout aussi cruciaux, chacun représentant 100 % de l'allocation, ce qui souligne leur rôle essentiel dans le fonctionnement global. En revanche, les équipements de filtrage, avec une allocation de 40 %, sont considérés comme moins prioritaires. Cette

répartition indique une focalisation sur la maintenance et l'efficacité des stations de pompage, tout en accordant une importance moindre aux systèmes de filtration.

**Tableau 14 : les équipements utilisés**

	équipements		
	station de pompage	filtre	entretien
pourcentages	100	40	100

**Figure 11 : Type d'utilisation des sources d'irrigation**



Le diagramme montre l'utilisation des sources d'irrigation :

- **Utilisation collective : 0 %**,
- **Utilisation individuelle rouge : 100 %**.

Cela signifie que toutes les sources d'irrigation sont utilisées d'une manière individuelle, sans aucune utilisation collective.

Cela pourrait indiquer une tendance vers une gestion plus privée des ressources d'irrigation ce qui peut avoir des implications sur la gestion des ressources et la coopération communautaire en agriculture.

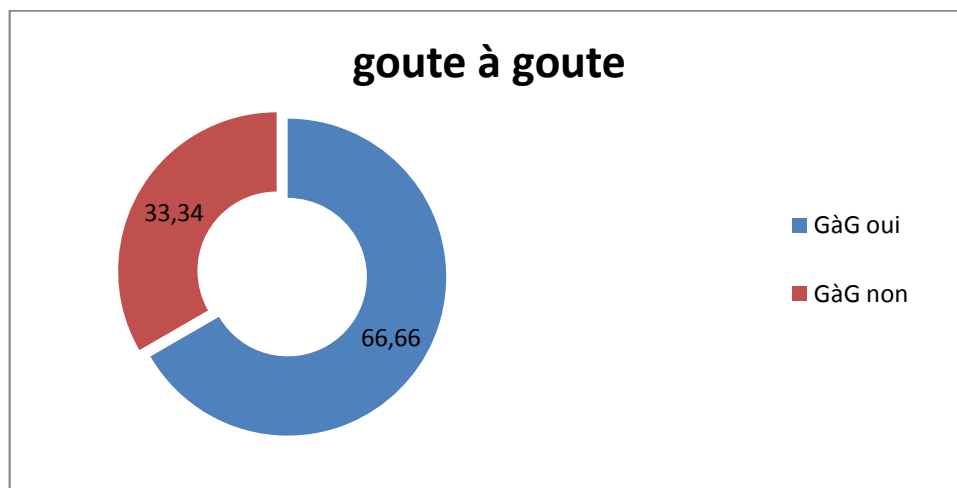
Le diagramme révèle que l'utilisation des sources d'irrigation est entièrement individuelle, avec 100 % des ressources utilisées de manière privée et aucune utilisation collective. Cette tendance vers une gestion privée des ressources d'irrigation peut avoir des

implications significatives sur la gestion des ressources et la coopération communautaire en agriculture. En effet, l'absence de gestion collective pourrait limiter les opportunités de partage des ressources et de collaboration entre les agriculteurs, ce qui pourrait affecter l'efficacité et la durabilité des pratiques agricoles dans la région.

**Tableau 15 : Type d'utilisation des sources d'irrigation**

	utilisation	
	collective	individuelle
pourcentages	0	100

**Figure 12 : le système goutte à goutte**



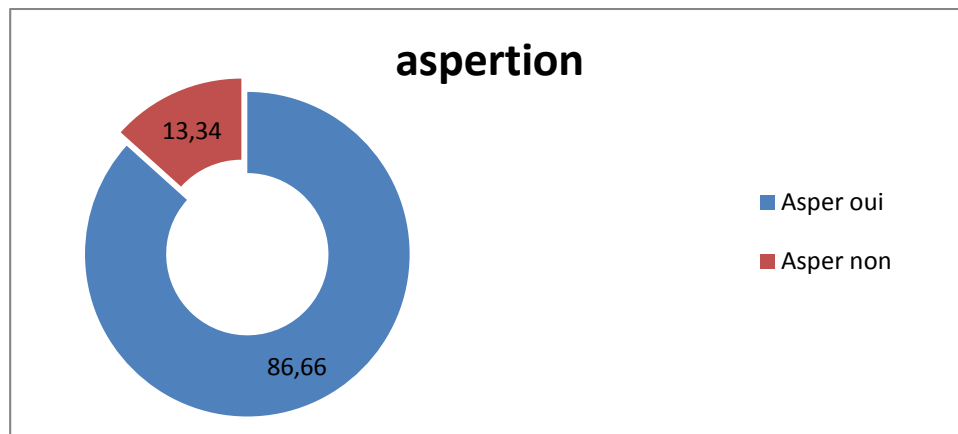
Le diagramme montre la répartition des réponses concernant l'utilisation d'un système d'irrigation goutte à goutte : 66,66 % des répondants utilisent le système d'irrigation ou goutte à goutte, par contre 33,34 % des répondants n'utilise pas ce système.

Cela signifie que la majorité des répondants utilise l'irrigation ou goutte-à-goutte tandis qu'un tiers ne l'utilise pas.

**Tableau 16 : le système goutte à goutte**

	GàG	
	oui	non
pourcentages	66.66	33.34

Figure 13 : le système aspersion



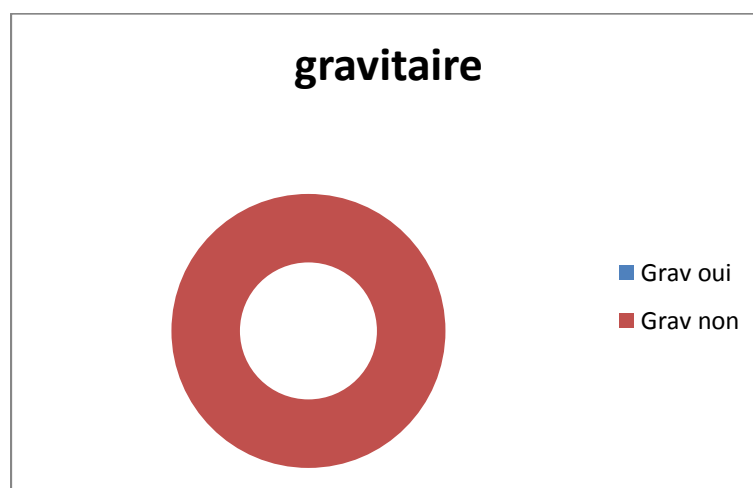
Le diagramme montre la répartition des réponses concerne de l'utilisation des systèmes d'irrigation par aspersion : 86,66 % des répondants utilisent le système d'irrigation par aspersion, contrairement à 13,34 % des répondants.

N'utilise pas ce système cela signifie que la grande majorité des répondants plus de 85 % utilise l'irrigation par aspersion tandis qu'une petite minorité, ne l'utilise pas.

Tableau 17 : le système aspersion

	Asper	
	oui	non
pourcentages	86.66	13.34

Figure 14: le système gravitaire

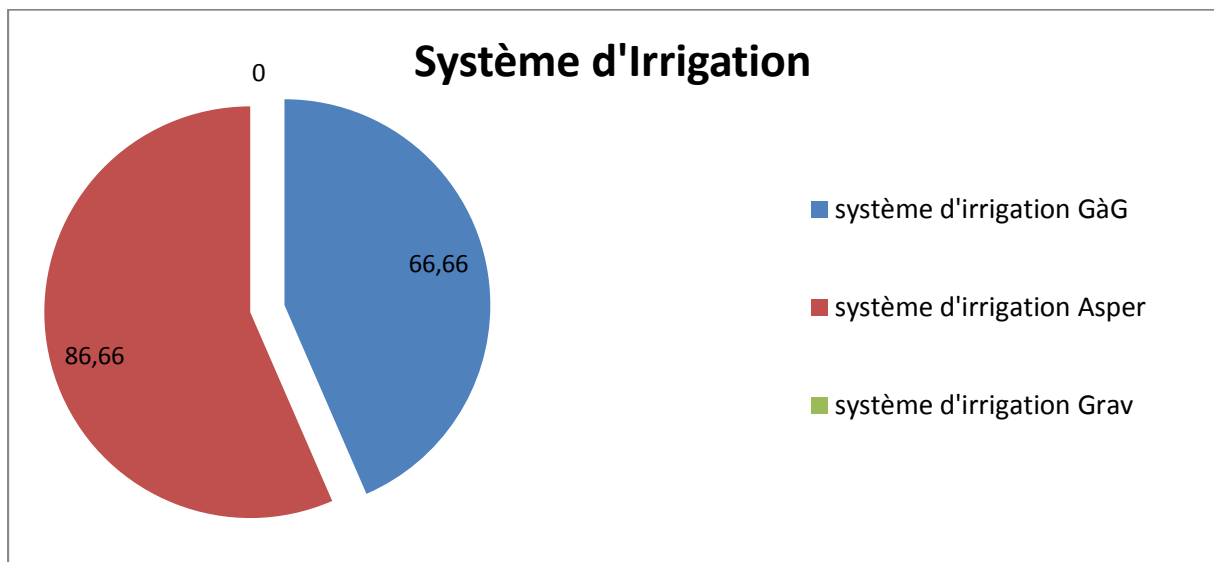


Le diagramme que vous avez partagé montre la répartition des réponses concernant l'utilisation d'un système d'irrigation gravitaire : dans ce diagramme les personnes interrogées dans cette interprétation n'utilisent pas de système d'irrigation gravitaire.

**Tableau 18 : le système gravitaire**

	Grav	
	oui	non
pourcentages	0	100

**Figure 15 : les systèmes d'irrigation utilisée**



**Système d'irrigation :**

- **Irrigation goutte-à-goutte :** Ce système est très efficace pour l'utilisation de l'eau, car il délivre l'eau directement en racine des plantes minimisant ainsi les pertes par évaporation et ruissellement.

Le coût de mise en place de ce système est important, mais les économies substantielles en termes d'eau et d'énergie qu'il permet d'envisager en font une solution intéressante sur le long terme.

Aussi il est nécessaire une surveillance régulière pour éviter les obstructions.

- **Irrigation par aspersion :** Son niveau d'efficacité est élevé. Ce système est adaptable à différents types de culture et peut couvrir une grande surface.

Cependant il peut y avoir des pertes d'eau par évaporation et dérive du vent.

Ce système coûte cher en fonction de la complexité du système.

Les têtes d'aspersion doivent être vérifiées et nettoyage régulièrement.

- **Irrigation de surface (gravitaire) :** Son niveau d'efficacité est faible. Ce système est le moins efficace en termes d'utilisation de l'eau, car une grande partie de l'eau peut être perdue par évaporation, infiltrations profondes et ruissellement.

C'est le moins cher car il ne nécessite pas de technologie avancée et de maintenance régulièrement.

En résumé, l'irrigation par aspersion et le goutte-à-goutte, c'est les plus utilisés et les plus efficaces, par rapport à l'irrigation de surface le moins efficace et le moins utilisé.

**Tableau 19 : les systèmes d'irrigation utilisée**

système d'irrigation			
	GàG	Asper	Grav
pourcentages	66.66	86.66	0

Les systèmes d'irrigation présentent divers niveaux d'efficacité et de coûts. L'irrigation goutte-à-goutte est très efficace pour l'utilisation de l'eau, bien qu'elle soit coûteuse et nécessite une surveillance régulière pour éviter les obstructions. L'irrigation par aspersion est également efficace et adaptable à différents types de cultures, mais elle peut entraîner des pertes d'eau par évaporation et dérive du vent. Enfin, l'irrigation de surface, bien que la moins coûteuse, est la moins efficace en termes d'utilisation de l'eau en raison des pertes importantes par évaporation, infiltration et ruissellement. Chaque système a ses avantages et inconvénients, et le choix dépend des besoins spécifiques et des ressources disponibles.

## **2. Résultats et discussions**

Les recherches sur l'utilisation des eaux usées épurées en agriculture montrent qu'elles représentent une solution prometteuse pour répondre aux défis de la pénurie d'eau et de la gestion durable des ressources hydriques. En réutilisant ces eaux, on peut réduire la pression sur les ressources en eau douce, apporter des nutriments essentiels aux cultures, et diminuer les coûts énergétiques liés au pompage et au transport de l'eau. Cependant, il est crucial de continuer à surveiller et à améliorer les procédés de traitement pour garantir la sécurité sanitaire et environnementale de cette pratique.

**2. Enquête sur l'utilisation des boues résiduaires urbaines**

Nous avons mené une enquête approfondie auprès d'un échantillon de quinze (15) individus dans la wilaya de Tizi Ouzou. Ces participants utilisent les boues résiduaires urbaines pour fertiliser diverses cultures. Notre étude vise à comprendre les pratiques agricoles actuelles, les avantages perçus et les défis rencontrés par ces agriculteurs dans l'utilisation des boues résiduaires.

**(a) Analyse des résultats de l'enquête sur les boues résiduaires urbaines**

**Figure 16 : Pourcentages des réponses des individus sur les questions concernant les boues résiduaires urbaines.**

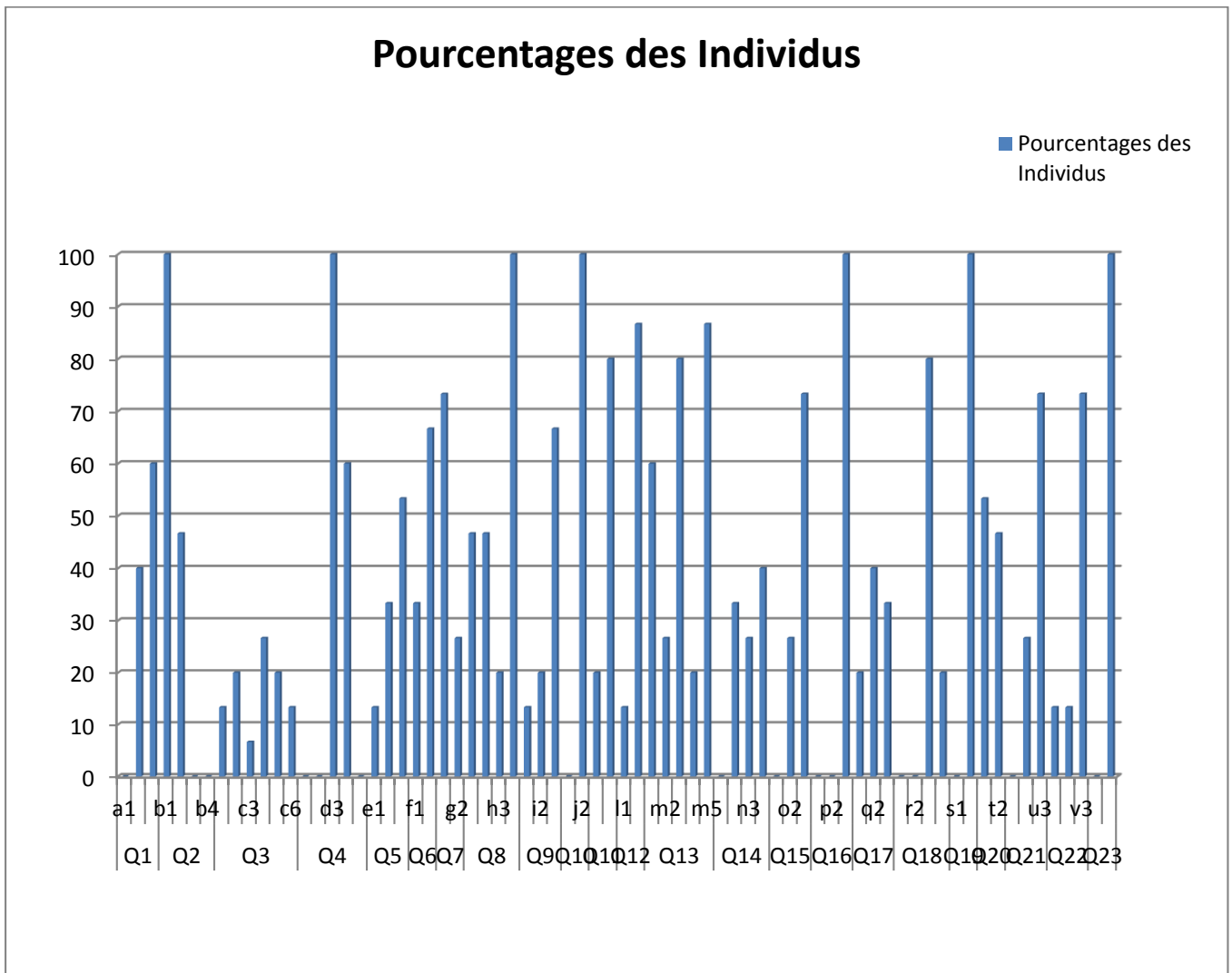
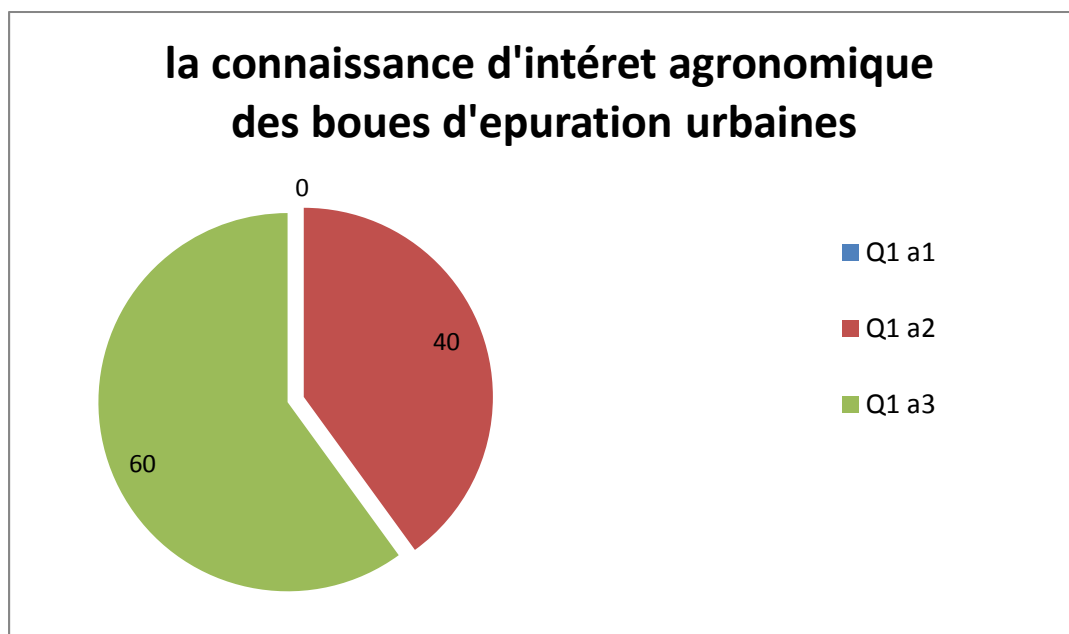


Figure 17: La connaissance d'intérêt agronomique des boues d'épurations urbaines



Le diagramme représente le degré de connaissance de l'intérêt agronomique des boues d'épurations urbain présenté dans le tableau 1 :

- **Faible** : aucun indépendant,
- **Moyen** : environ 40 % des répondants ou indiqués avoir un niveau de connaissance moyen,
- **Élevé** : environ 60 % des répondants ou indiquer avoir un niveau de connaissance élevé.

Cela indique que la majorité des personnes interrogées sont très informés sur l'intérêt agronomique des boues d'épuration urbaines.

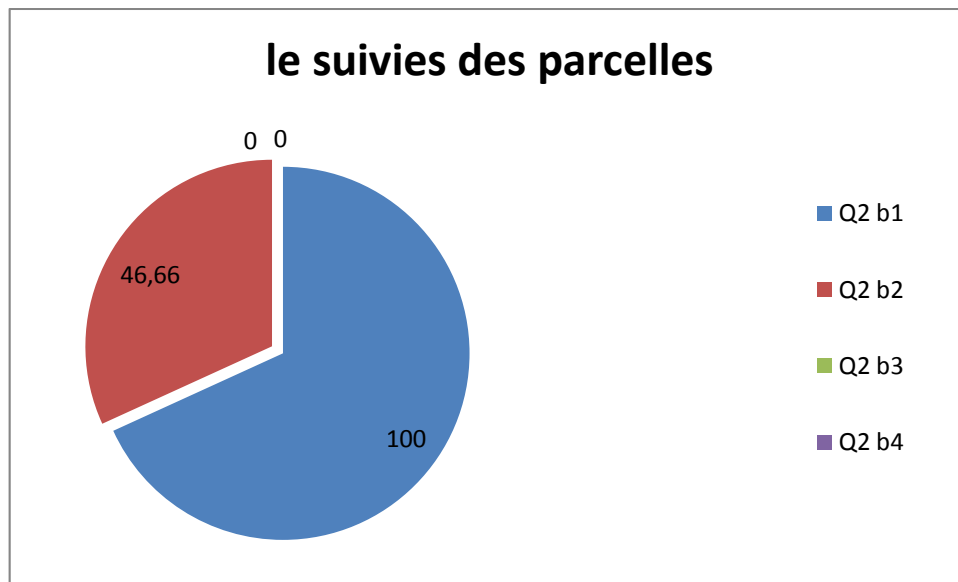
Tableau 20 : La connaissance de l'intérêt agronomique des boues d'épurations urbaines

	Q1		
	Faible	Moyen	Elevé
pourcentages	0	40	60

Ces résultats sont encourageants car ils montrent que la majorité des personnes interrogées sont bien informées sur l'intérêt agronomique des boues d'épuration urbaines.

Cela peut faciliter l'adoption de ces pratiques dans l'agriculture, contribuant ainsi à une gestion plus durable des ressources et à une amélioration de la fertilité des sols.

Figure18 : Le suivies des parcelles épandu par les organismes



Le diagramme circulaire représente les réponses sur le suivi des parcelles ou les ont été épandu par différents organismes :

- ONA (office national de l'assainissement) : cette catégorie représente 100 % des réponses indiquant que toutes les parcelles sont suivies par l'ONA,
- Université : cette catégorie représente 46,66 % des réponses montrant que certaines parcelles sont également suivies par des universités,
- DSA (direction des services agricoles) : cette catégorie n'est pas spécial spécifiquement représenté dans le diagramme,
- Autre : cette catégorie n'est pas spécifiquement représentée dans le diagramme.

Cela montre que le suivi des parcelles est principalement effectué par l'ONA, avec une participation notable des universités.

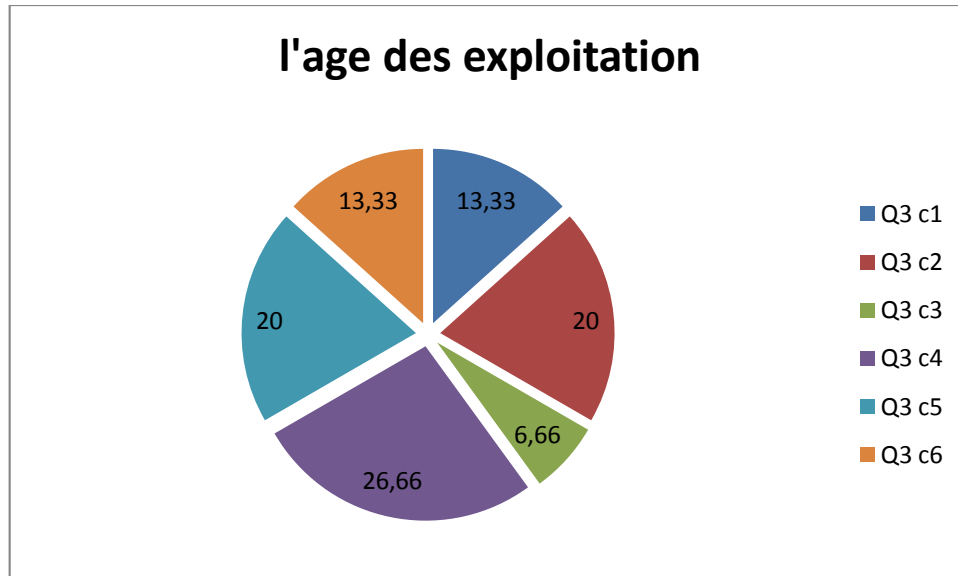
Tableau 21: Le suivies des parcelles épandu par les organismes

	Q2			
	b1	b2	b3	b4
pourcentages	100	46.66	0	0

En résumé, ces résultats mettent en lumière le rôle central de l'ONA dans le suivi des parcelles, tout en soulignant l'importance de la collaboration avec les universités. Il pourrait être bénéfique d'explorer davantage les raisons de l'absence de la DSA et d'autres organismes

dans ce suivi, afin de renforcer la coordination et l'efficacité des pratiques de gestion des boues d'épuration.

**Figure 19: Représentation des d'âge des exploitations agricole utilisant des boues**



Le diagramme circulaire représente l'âge des exploitations agricoles utilisant les boues :

- Moins de 5 ans : 13,33 %,
- Entre 5 et 10 ans : 13,33 %,
- Entre 10 et 15 ans : 20 %,
- Entre 15 et 20 ans : 20 %,
- Entre 20 et 30 ans : 26,66 % la plus grande proportion,
- Plus de 30 ans : 6,66 %.

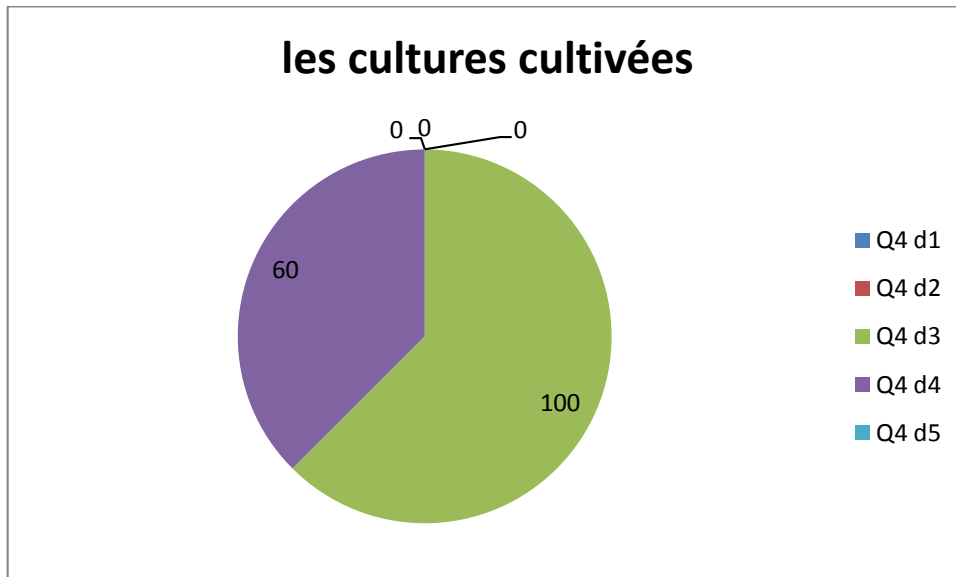
Cela montre que la majorité des exploitations agricoles utilisant les boues ont entre 20 et 30 ans, suivi par celles ayant entre 10 et 20 ans.

En conclusion, l'analyse de l'âge des exploitations agricoles utilisant des boues montre une tendance intéressante où les exploitations établies depuis 20 à 30 ans sont les plus nombreuses à adopter cette pratique, suivies par celles ayant entre 10 et 20 ans. Cela suggère que l'expérience et l'ouverture à l'innovation jouent un rôle clé dans l'adoption des boues. Les exploitations plus récentes montrent également une certaine ouverture, probablement grâce à un meilleur accès à l'information et aux technologies modernes. Ces résultats soulignent l'importance de promouvoir des pratiques durables à travers des campagnes de sensibilisation et un soutien institutionnel adapté.

Tableau 22: Les pourcentages d'âge d'exploitations agricole utilisant les boues

Q3						
	c1	c2	c3	c4	c5	c6
pourcentages	13.33	20	6.66	26.66	20	13.33

Figure 20: Types des cultures sur les parcelles épandues



Le diagramme représentant les réponses sur les types des cultures cultivées sur les parcelles ou les boues sont épandus :

- **Céréales (blé, maïs, etc.)** : Cette catégorie n'est pas spécifiquement représentée dans le diagramme,
- **Légumes (tomate, carottes, etc.)**:cette catégorie n'est pas spécifiquement représenté dans le diagramme,
- **Fruits (pomme, oranges, raisin, etc.)**:cette catégorie représente 100 % de des réponses indiquant que toutes les parcelles cultivées des cultures,
- **Culture fourragère (maïs ensilage, luzerne, etc.)**: cette catégorie représente 60 % des réponses fourragères,
- **Autres**: cette catégorie n'est pas spécifiquement dans la présenter dans le diagramme.

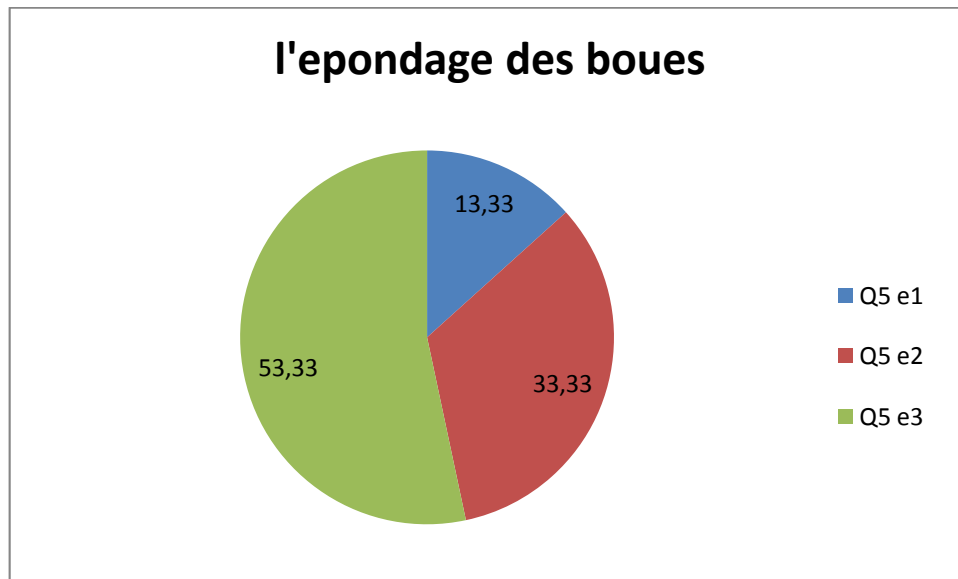
Cela montre que les fruits sont les plus couramment cultivés sur les parcelles ou les boues sont répandues suivi par les cultures fourragères.

**Tableau 23 : Types des cultures sur les parcelles épandues**

Q4					
	d1	d2	d3	d4	d5
pourcentages	0	0	100	60	0

En résumé, les agriculteurs sur les quels on a travaillé cultivent les cultures fruitières et fourragères lorsqu'ils utilisent des boues, en raison des avantages spécifiques qu'elles apportent à ces types de cultures et de la présence d'élevages qui nécessitent des cultures fourragères de qualité. Cela reflète des choix stratégiques basés sur les besoins agronomiques et économiques locaux.

**Figure 21: Représentation des fréquences d'épandage des boues sur vos parcelles agricoles**



Le diagramme circulaire montre la répartition des réponses à la question sur la fréquence d'épandages des boues sur les parcelles agricoles :

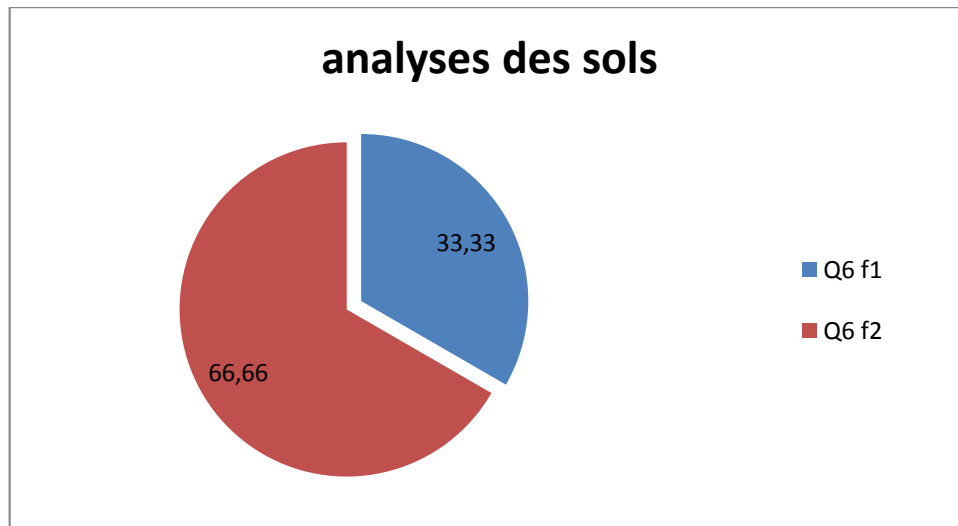
- **Annuels:** 13,33 % des répondants et pendu et les bouts chaque année, cette option est représentée en bleu,
- **Pluriannuelle:** 33,33 % des répondants et pendent les bouts tous les 2 ans ou plus cette option est représenté en rouge,
- **Ponctuelle:** 53,33 % des répondants et pendent les pots de manière occasionnelle. Cela indique que la majorité des agriculteurs préfèrent un épandage ponctuel des boues sur leurs parcelles.

**Tableau 24: Représentation des fréquences d'épandage des boues sur vos parcelles agricoles**

	Q5		
	e1	e2	e3
pourcentages	13.33	33.33	53.33

Les résultats de l'étude montrent que la majorité des agriculteurs de Tizi Ouzou préfèrent un épandage ponctuel des boues sur leurs parcelles, reflétant des préoccupations sur la qualité des boues et les impacts environnementaux potentiels. Un tiers des agriculteurs optent pour un épandage pluriannuel, tandis qu'une minorité choisit un épandage annuel. Ces tendances soulignent l'importance de fournir des formations et des recommandations techniques pour optimiser l'utilisation des boues, améliorer la fertilité des sols et promouvoir des pratiques agricoles durables dans la région.

**Figure 22: La disposition d'analyses de sol avant l'épandage des boues sur les parcelles agricoles**



Le diagramme montre les réponses à la question sur la réalisation d'une analyse de sol avant l'épandage des boues sur les parcelles agricoles :

- **33,33 % des répondants** ont indiqué qu'il effectue une analyse de sol préalable (oui),
- **66,66 % des répondants** ont indiqué qu'il ne réalise pas d'analyse de sol préalable(Non).

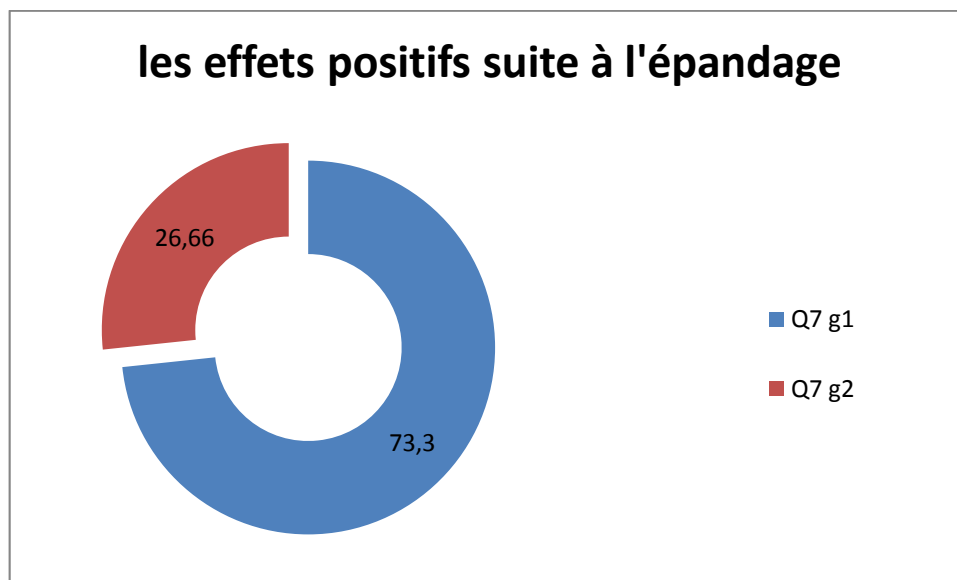
La plupart des agriculteurs ne prennent pas des mesures pour vérifier la qualité du sol avant d'appliquer les boues, ce qui est pourrait avoir des conséquences sur la gestion des sols et la sécurité environnementale.

**Tableau 25: La disposition d'analyses de sol avant l'épandage des boues sur les parcelles agricoles**

Q6		
	f1	f2
pourcentages	33.33	66.66

L'étude révèle que la majorité des agriculteurs de Tizi Ouzou n'effectuent pas d'analyse de sol avant l'épandage des boues, ce qui pose des risques pour la qualité des sols et la sécurité environnementale. Il est crucial de renforcer la sensibilisation et la formation des agriculteurs sur les bonnes pratiques de gestion des boues et l'importance des analyses de sol pour promouvoir une agriculture durable et sécurisée. Des politiques et des incitations appropriées pourraient également jouer un rôle clé dans l'amélioration de ces pratiques.

**Figure 23: Les effets positifs sur les cultures suite à l'épandage des boues**



L'observation des effets positifs sur les cultures suite à l'épandage des boues :

- **73,3 % des répondants (section bleue)** ont répondu «oui» indiquant qu'ils ont observé des effets positifs sur leur culture après l'épandage de boues,

- **26,66 des répondants (section rouge)** ont répondu « non » indiquant qu'ils n'ont pas observé des faits positifs.

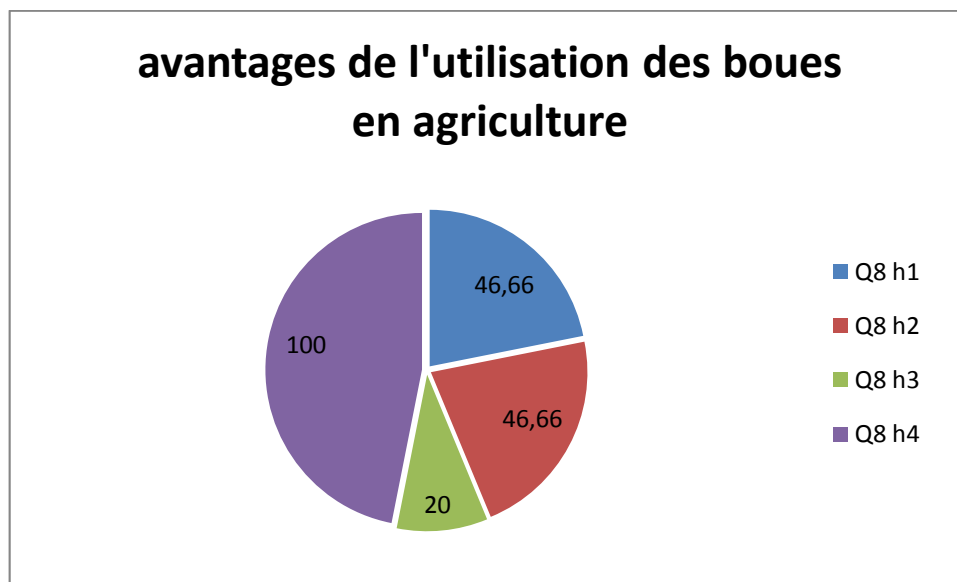
Cela suggère qu'une majorité significative des agriculteurs interrogés perçoivent des bénéfices agronomiques suite à l'utilisation des boues d'épuration sur leurs cultures.

**Tableau 26: Les effets positifs sur les cultures suite à l'épandage des boues**

		Q7	
		g1	g2
pourcentages		73.3	26.66

Les résultats de notre étude montrent que l'épandage des boues d'épuration est perçu positivement par une majorité significative des agriculteurs, avec 73,3 % observant des effets bénéfiques sur leurs cultures. Cependant, une minorité de 26,66 % n'a pas constaté de tels effets, soulignant la nécessité d'explorer davantage les facteurs influençant ces perceptions. Ces résultats suggèrent un potentiel prometteur pour l'utilisation des boues d'épuration en agriculture, tout en mettant en lumière l'importance de pratiques de gestion appropriées et de la surveillance environnementale continue.

**Figure 24: Les principaux avantages de l'utilisation des boues en agriculture**



Le diagramme concerne les principaux avantages de l'utilisation des boues en agriculture :

**Amélioration de la fertilité du sol (46,66%)**: Près de la moitié des répondants reconnaissent que l'un des principaux bénéfices des boues d'épuration est l'enrichissement du

sol en nutriments et matière organique. Cela souligne l'appréciation des agriculteurs pour les apports des boues dans l'amélioration de la fertilité de leurs terres.

**Réduction des besoins en engrais chimique (46,66%):** Les répondants voient une réduction des besoins en engrais chimique comme un avantage majeur. Cela indique que les boues d'épuration sont perçues comme une alternative efficace aux engrais chimiques, réduisant ainsi les coûts et l'impact environnemental.

**Valorisation des déchets urbains (20 %):** Les répondants apprécient l'aspect de recyclage et de valorisation des déchets urbains. Bien que ce pourcentage soit plus faible que les deux premiers, il montre tout de même une reconnaissance significative de l'importance de la gestion durable des déchets.

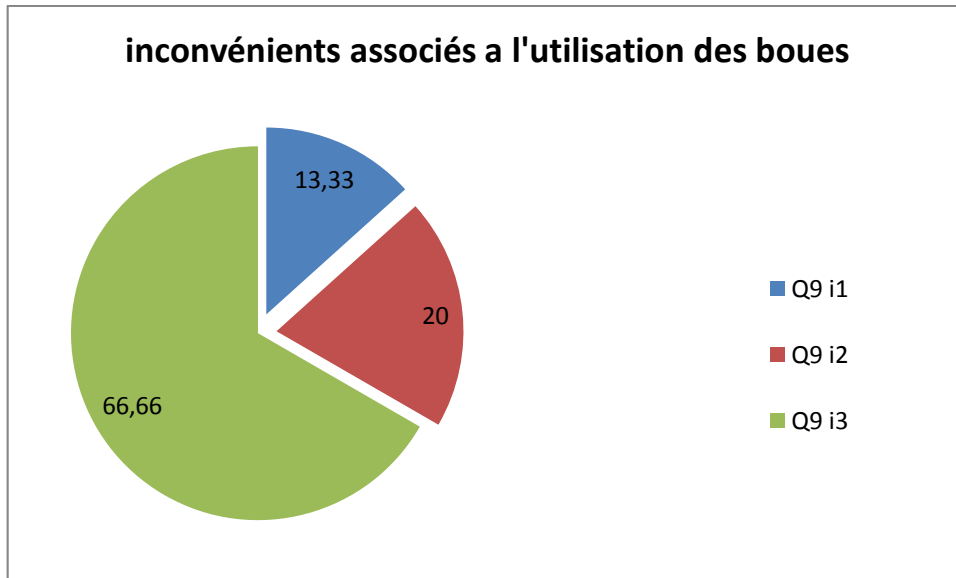
**Autre (100%):** il s'agit d'une catégorie où les répondants ont mentionné des avantages spécifiques ou régionaux qui ne sont pas couverts par les trois premières options comme l'amélioration de la biodiversité du sol, la réduction de l'érosion ou des bénéfices économiques pour les communautés locales, l'amélioration de rendement d'une façon remarquable.

**Tableau 27: Les principaux avantages de l'utilisation des boues en agriculture**

Q8				
	h1	h2	h3	h4
pourcentages	46.66	46.66	20	100

Les résultats de notre étude montrent que l'utilisation des boues d'épuration en agriculture est largement perçue comme bénéfique par les agriculteurs. Les principaux avantages identifiés incluent l'amélioration de la fertilité du sol et la réduction des besoins en engrais chimiques, chacun étant reconnu par 46,66 % des répondants. De plus, 20 % des participants valorisent l'aspect de recyclage des déchets urbains. Enfin, divers avantages spécifiques, tels que l'amélioration de la biodiversité et la réduction de l'érosion, sont également mentionnés. Ces perceptions soulignent l'importance et le potentiel des boues d'épuration pour une agriculture plus durable et économiquement viable.

**Figure 25: Les principaux inconvénients ou risques associés à l'utilisation des boues en agriculture**



Le diagramme montre les principaux inconvénients au risque associé à l'utilisation des boues en agriculture selon les données au résultat d'une enquête ;

**Risque pour la santé humaine:** cette catégorie représente 13,33 % des préoccupations. Cela inclut des risques potentiels liés à l'exposition au pathogènes, métaux lourds, et d'autres contaminants présents dans les boues.

**Risques de la pollution de l'environnement (eau, air, sol):** cette catégorie représente 20 % des préoccupations. Les boues peuvent contenir des substances qui, si elles ne sont pas correctement traités peuvent polluer les ressources en eau, l'air et le sol.

**Autre (préciser):** cette catégorie représente la majorité des préoccupations avec 66,6 %. Cela pourrait inclure des risques économiques et des impacts sur la biodiversité ou l'acceptabilité sociale ou d'autres préoccupations non mentionnées dans les deux premières catégories.

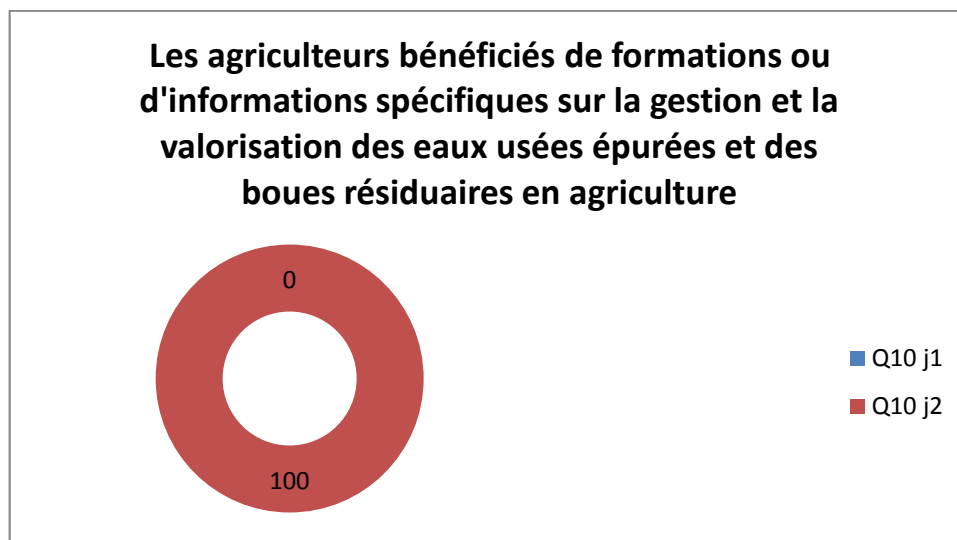
Ces résultats montrent que les préoccupations majeures ne sont pas mentionnés dans les deux premiers catégories suivi par les risques de pollution de l'environnement soit l'air l'eau ou le sol.

**Tableau 28: Les principaux inconvénients ou risques associés à l'utilisation des boues en agriculture**

	Q9		
	i1	i2	i3
pourcentages	13.33	20	66.66

L'utilisation des boues en agriculture présente des avantages potentiels pour la fertilité des sols et la gestion des ressources en eau, mais elle soulève également des préoccupations importantes. Les risques pour la santé humaine et la pollution de l'environnement nécessitent des traitements et des contrôles rigoureux. De plus, les aspects économiques, sociaux et écologiques doivent être pris en compte pour assurer une gestion durable et acceptée par les communautés locales. Une approche intégrée et holistique est essentielle pour maximiser les bénéfices tout en minimisant les risques associés à cette pratique.

**Figure 26: Les agriculteurs bénéficiés de formations ou d'informations spécifiques sur la gestion et la valorisation des eaux usées épurées et des boues résiduares en agriculture**



Le diagramme montre les réponses à la question sur la formation ou l'information spécifique a reçu concernant la gestion et la valorisation des usées épurées et des boues résiduares urbaines en agriculture

**100 % des répondants** en indiqués qu'ils n'ont pas bénéficié de la formation ou d'information spécifique (non).

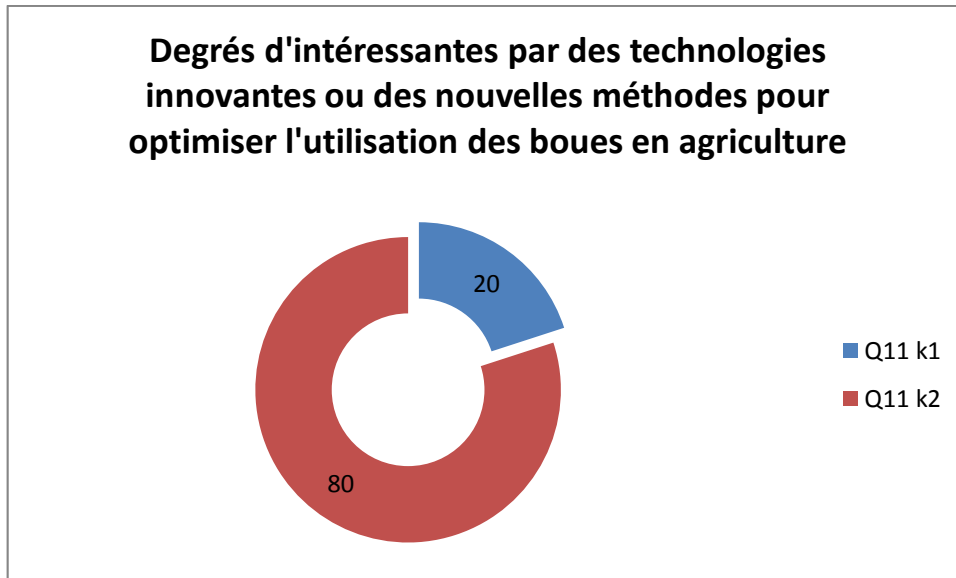
Cela signifie qu'aucun répondant n'a reçu de formation ou d'information spécifique sur ce sujet ce qui pourrait indiquer un besoin de sensibilisation de la formation dans ce domaine pour améliorer les pratiques agricoles et environnemental.

**Tableau 29: Les agriculteurs bénéficiés de formations ou d'informations spécifiques sur la gestion et la valorisation des eaux usées épurées et des boues résiduaires en agriculture**

		Q10	
		j1	j2
pourcentages		0	100

Les résultats de notre étude révèlent un manque crucial de formation et d'information parmi les agriculteurs concernant la gestion et la valorisation des eaux usées épurées et des boues résiduaires urbaines. Cette lacune souligne l'importance de développer des programmes éducatifs pour améliorer les pratiques agricoles et environnementales. En sensibilisant et en formant les agriculteurs, il est possible de promouvoir une utilisation plus sûre et efficace de ces ressources, contribuant ainsi à la durabilité environnementale et à l'amélioration des rendements agricoles.

Figure 27 : Degrés d'intéressé par des technologies innovantes ou des nouvelles méthodes pour optimiser l'utilisation des boues en agriculture



Les intéressants par des technologies innovantes ou de nouvelles méthodes pour optimiser l'utilisation des boues en agriculture:

- **80 % des répondants** ont répondu non, indiquant qu'ils ne sont pas intéressés par les technologies innovantes ou de nouvelles méthodes pour optimiser l'utilisation des boues en agriculture.
- **20 % des répondants** ont répondu oui, indiquant qu'ils sont intéressés sont intéressés.

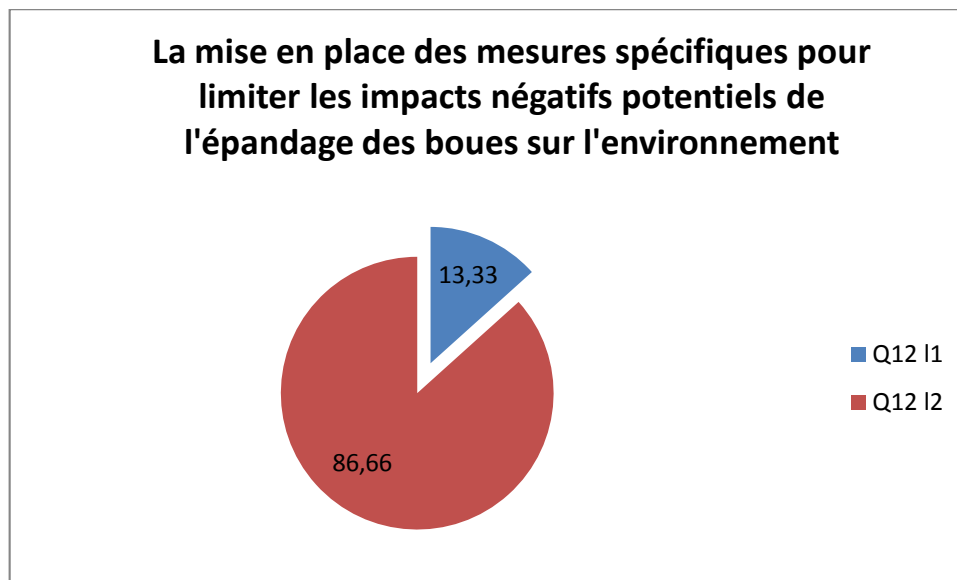
Cela montrent que la majorité des agricultures interrogé ne sont pas intéressés par l'adaptation de nouvelles technologies et méthodes pour améliorer l'utilisation des boues d'épuration en agriculture.

Tableau 30: Degrés d'intéressé par des technologies innovantes ou des nouvelles méthodes pour optimiser l'utilisation des boues en agriculture des agriculteurs interrogé

	Q11	
	k1	k2
pourcentages	20	80

Les résultats de notre enquête montrent une réticence notable des agriculteurs de Tizi Ouzou à adopter des technologies innovantes pour l'utilisation des boues d'épuration en agriculture. Cette réticence semble être influencée par un manque d'information, des préoccupations concernant les coûts et une résistance générale au changement. Cependant, il existe des opportunités pour encourager l'adoption de ces technologies à travers des initiatives de formation, des démonstrations pratiques et des incitations financières. En abordant ces obstacles, il est possible de promouvoir une utilisation plus efficace et durable des boues d'épuration en agriculture.

**Figure 28 : La mise en place des mesures spécifiques pour limiter les impacts négatifs potentiels de l'épandage des boues sur l'environnement**



Le diagramme montre les réponses à la question sur la mise en place de mesures spécifiques pour limiter les impacts négatifs potentiels de l'épandage des boues sur l'environnement

- **86,66 % des répondants (section rouge)** ont répondu « non », indiquant qu'ils n'ont pas mis en place de mesures spécifiques.
- **13,33 % des répondants (section bleu)** ont répondu « OUI », indiquant qu'ils n'ont mises en place des mesures spécifiques pour limiter les impacts négatifs.

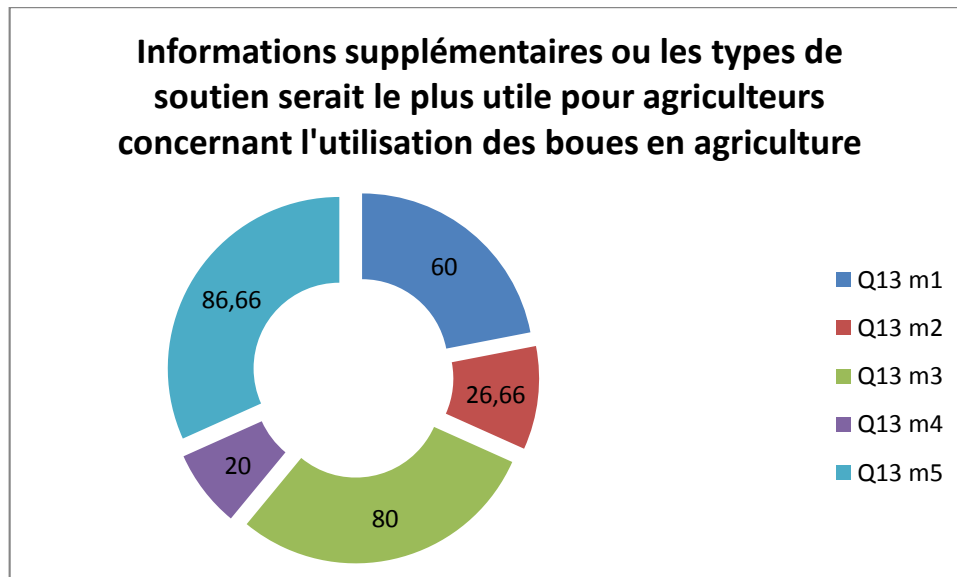
Cela montre que tu es une grande majorité des répondants n'ont pas pris de mesure spécifique pour diminuer les impacts environnementaux potentiels de l'épandage des boues.

**Tableau 31 : La mise en place des mesures spécifiques pour limiter les impacts négatifs potentiels de l'épandage des boues sur l'environnement**

	Q12	
	11	12
pourcentages	13.33	86.66

Les résultats de notre enquête révèlent un manque significatif de mesures spécifiques pour limiter les impacts environnementaux de l'épandage des boues parmi les agriculteurs de la région de Tizi Ouzou. Cela souligne la nécessité d'une sensibilisation accrue, de ressources adéquates et de formations pour encourager des pratiques agricoles durables. En mettant en place des politiques claires et des incitations, il est possible de promouvoir une gestion plus responsable des boues, bénéfique à la fois pour l'environnement et pour les communautés locales.

**Figure 29: Informations supplémentaires ou les types de soutien serait le plus utile pour les agriculteurs concernant l'utilisation des boues en agriculture**



Le diagramme montre les préférences des répondants concernant le type du soutien ou information supplémentaires qu'ils jugent les plus utiles pour utiliser des boues en agriculture, voici l'interprétation des pourcentages pour chaque type de soutien:

- **Information technique sur l'épandage:** 60 % des répondants souhaitent obtenir des informations sur des mains techniques sur l'épandage des boues,

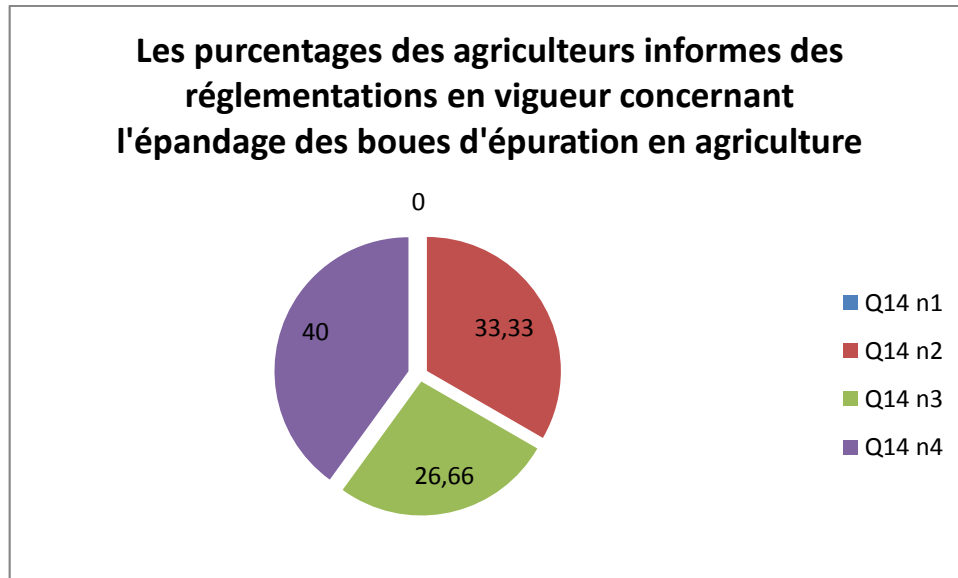
- **Accès facile facilité à des analyses de qualité des boues:** 26,66 % des répondants estiment qu'un accès facilité à des analyses de qualité des boues serait utile,
- **Soutien financier ou subvention pour l'épandage pour les préférable:** 80 % des répondants considèrent que le soutien financier ou les subventions pour l'épandage sont importants,
- **Formation sur les bonnes pratiques:** 20 % des réponses souhaite recevoir des informations sur les bonnes pratiques,
- **Autre:** 86,66 % des répondants au mentionnés d'autres types de soutien ou information supplémentaire jusqu'à ce qu'ils jugent utiles.

Ces résultats montrent que le soutien financière et les subventions (80 %) ainsi que d'autres types de soutien (86,66 %) sont les plus demandés. les informations techniques sur l'épandage (60 %) et l'accès à des analyses de qualité des boues (26,66 %) sont également importants, mais moins prioritaires. les informations sur les bonnes pratiques (20 %) semblent être la moins demandée parmi les options proposées. Les résultats de votre enquête montrent que les agriculteurs de la région de Tizi Ouzou ont des besoins variés en matière de soutien pour l'utilisation des boues en agriculture. Le soutien financier et les subventions sont les plus demandés, suivis par des besoins spécifiques non couverts par les options proposées. Les informations techniques et l'accès à des analyses de qualité sont également importants, bien que moins prioritaires. Ces résultats soulignent l'importance de fournir un soutien diversifié et adapté pour encourager l'adoption de pratiques durables d'épandage des boues.

**Tableau 32: Les informations supplémentaires ou les types de soutien serait le plus utile pour agriculteurs concernant l'utilisation des boues en agriculture**

Q13					
	m1	m2	m3	m4	m5
pourcentages	60	26.66	80	20	86.66

**Figure 30 : Les pourcentages des agriculteurs informés des réglementations en vigueur concernant l'épandage des boues d'épuration en agriculture**



Le diagramme montre les réponses à la question sur le niveau d'information des répondants concernant les réglementations en vigueur sur l'épandage des boues en agriculture:

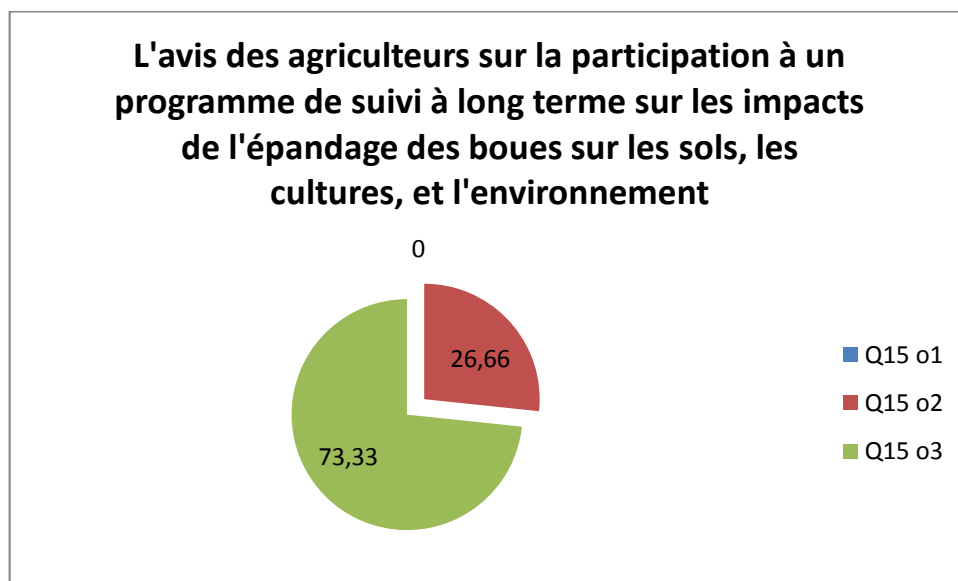
- **0 % des répondants** ont répondu «**Oui, parfaitement informé**», indiquant qu'aucun indépendant ne se considère comme parfaitement informé,
- **33,33 % des répondant** en répondu «**Oui, mais souhaite plus d'informations**», montrant qu'une propre proportion significative à une certaine connaissance, mais aimerait en savoir plus,
- **26,66 % des répondants** ont répondu« **non, peut informer**», indiquer qu'une faible connaissance des réglementations,
- **40 % des répondants** ont répondu «**non, pas du tout informé**», montrant qu'une grande partie des répondants n'est pas du tout au courant des réglementations.

Les résultats de notre enquête montrent un besoin urgent d'améliorer la diffusion et la compréhension des réglementations sur l'épandage des boues d'épuration en agriculture. Une grande partie des répondants n'est pas suffisamment informée, ce qui peut entraîner des pratiques non conformes et potentiellement dangereuses. Il est donc crucial de renforcer la communication, de rendre les informations plus accessibles et de mettre en place des mécanismes de suivi pour assurer une meilleure conformité et des pratiques agricoles plus sûres et durables.

**Tableau 33: Les pourcentages des agriculteurs informés des réglementations en vigueur concernant l'épandage des boues d'épuration en agriculture**

Q14				
	n1	n2	n3	n4
pourcentages	0	33.33	26.66	40

**Figure 31 : L'avis des agriculteurs sur la participation à un programme de suivi à long terme sur les impacts de l'épandage des boues sur les sols, les cultures, et l'environnement**



Le diagramme montre les réponses des participants concernant leur ouverture à participer à un programme de suivi à long terme sur les impacts de l'épandage des boues, voici l'interprétation des pourcentages pour chaque option:

- **Oui, très ouverts:** 0 % des répondants sont très ouverts à participer à un tel programme,
- **Oui, quelques peu ouvert:** 26,66 % des répondants sont quelque peu ouverte à l'idée de participer,
- **Non, pas ouverts:** 73,33 % des répondants ne sont pas ouverts à participer à un programme du suivi à long terme.

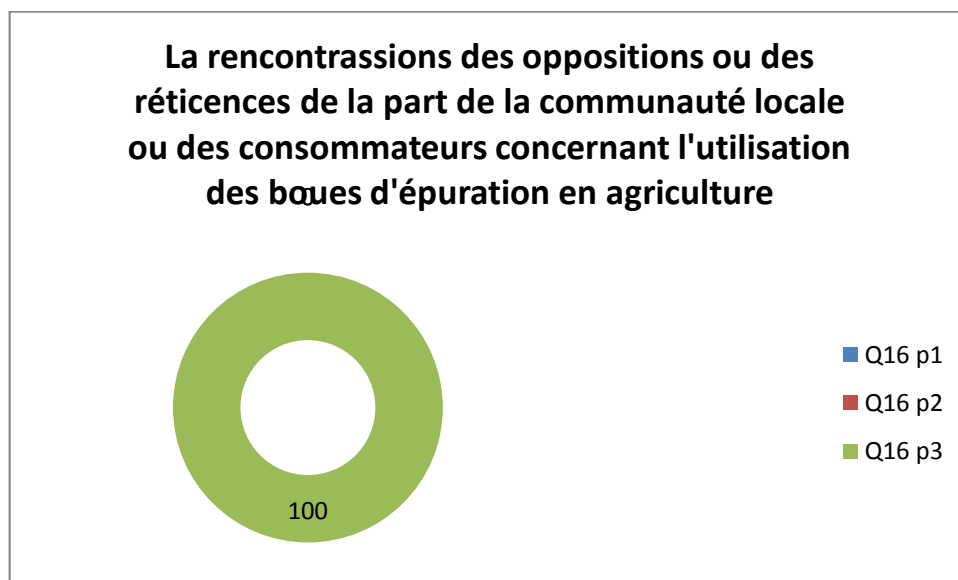
Ces résultats indiquent que la majorité des répondants (73,33 %) ne sont pas intéressés par la participation à un programme de suivi à long terme tandis qu'une minorité (26,66 %) et quelques peu ouverts à l'idée. Aucun des répondants ne se dit très ouvert à ces participations.

**Tableau 34 : L'avis des agriculteurs sur la participation à un programme de suivi à long terme sur les impacts de l'épandage des boues sur les sols, les cultures, et l'environnement**

	Q15		
	o1	o2	o3
pourcentages	0	26.66	73.33

Les résultats de notre enquête révèlent une réticence significative parmi les participants à s'engager dans un programme de suivi à long terme sur les impacts de l'épandage des boues. La majorité des répondants (73,33 %) ne sont pas ouverts à cette idée, tandis qu'une minorité (26,66 %) montre une ouverture partielle. Aucun participant ne se dit très ouvert à participer. Ces résultats soulignent la nécessité d'améliorer la sensibilisation, l'éducation et la communication pour renforcer la confiance et l'engagement des agriculteurs dans de telles initiatives environnementales.

**Figure 32: La rencontraisons des oppositions ou des réticences de la part de la communauté locale ou des consommateurs concernant l'utilisation des boues d'épuration en agriculture**



Le diagramme montre le niveau de rencontrassions des oppositions ou des réticences de la part de la communauté locale ou les consommateurs concernant l'utilisation des boues d'épuration en agriculture

- Oui souvent : 0 %,
- Oui quelquefois : 0 %,
- Non jamais : 100 %,

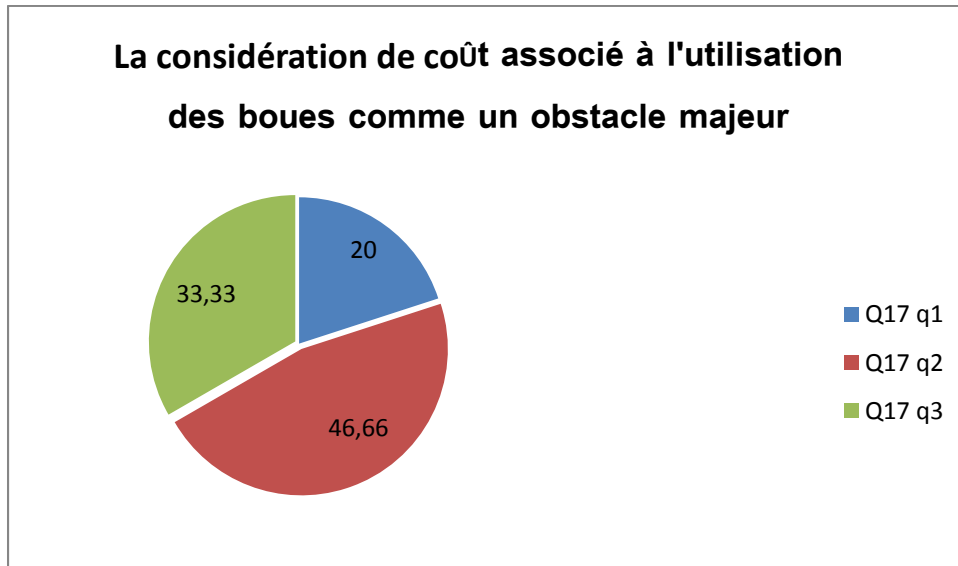
Cela signifie selon les réponses recueillir aucune opposition ou routier sens n'a été rencontrés de la part de la communauté locale des consommateurs concernant l'utilisation des bouts d'épuration en agriculture. Tous les répondants ont indiqué qu'ils n'ont jamais rencontré de telles oppositions ou réticences.

**Tableau 35: La rencontrassions des oppositions ou des réticences de la part de la communauté locale ou des consommateurs concernant l'utilisation des boues d'épuration en agriculture**

Q16			
	p1	p2	p3
pourcentages	0	0	100

Les résultats de notre enquête montrent une acceptation généralisée de l'utilisation des boues d'épuration en agriculture dans la région de Tizi Ouzou, sans opposition ni réticence de la part de la communauté locale. Cette perception positive pourrait être attribuée à une bonne communication sur les avantages et la sécurité de cette pratique. Ces conclusions encouragent la promotion de l'utilisation des boues d'épuration, offrant des perspectives prometteuses pour des pratiques agricoles durables et des politiques favorables à l'environnement.

**Figure 33: La considération de coût associé à l'utilisation des boues (transport, épandage, etc.) comme un obstacle majeur**



Le diagramme sur la considération de coûts associés à l'utilisation des boues (transports, bandage, etc..) comme un obstacle majeur:

- **Oui, c'est un obstacle majeur:** 20 % des répondants considère le coût comme un obstacle majeur,
- **C'est un obstacle mineur:** 40 % des répondants pense que c'est un obstacle mineur,
- **Non, ce n'est pas un obstacle:** 33,33 % des répondants ne voient pas le coût comme un obstacle.

Ces résultats montrent que la majorité des répondants 66.66 % reconnaissent le coût comme un obstacle, qu'il soit majeur ou mineur, tandis qu'un tiers environ ne le considère pas comme un obstacle.

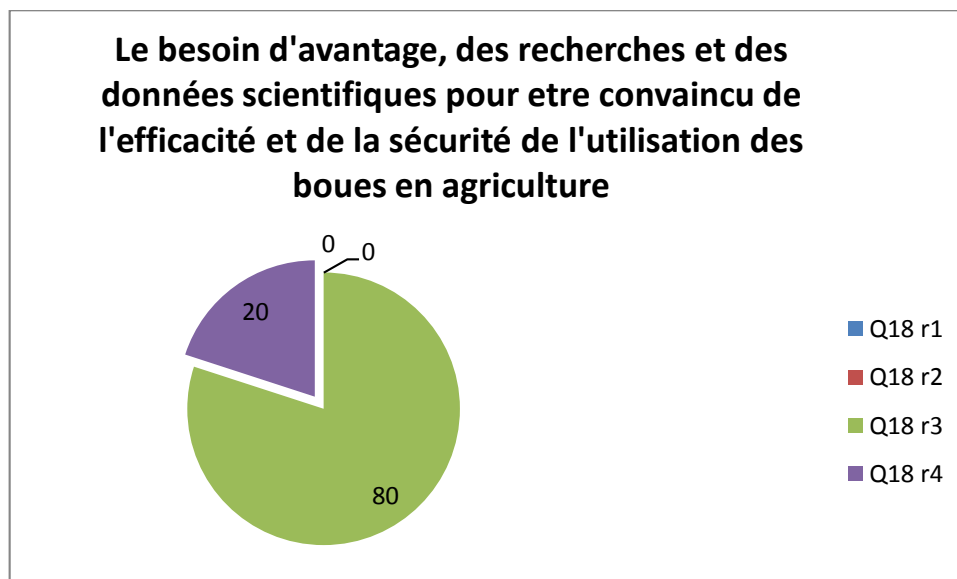
Cela pourrait indiquer que bien que le coût soit une préoccupation pour beaucoup et n'est pas perçu comme un surmontable par une partie significative des répondants.

**Tableau 36: La considération de coût associé à l'utilisation des boues (transport, épandage, etc.) comme un obstacle majeur**

	Q17		
	q1	q2	q3
pourcentages	20	46.66	33.33

Les résultats de notre enquête révèlent que la majorité des répondants (66,66 %) considèrent les coûts associés à l'utilisation des boues comme un obstacle, bien que pour certains, cet obstacle soit mineur. Un tiers des répondants ne perçoivent pas ces coûts comme un obstacle, ce qui suggère une diversité de perceptions et de pratiques. Ces résultats soulignent l'importance de fournir des ressources et des informations pour aider les utilisateurs à gérer les coûts, ainsi que de promouvoir les avantages économiques et environnementaux de l'utilisation des boues pour encourager une adoption plus large.

**Figure 34: Le besoin d'avantages, des recherches et des données scientifiques pour être convaincu de l'efficacité et de la sécurité de l'utilisation des boues en agriculture**



Le diagramme des besoins de l'avantage de recherche et de donner scientifique pour être convaincu de l'efficacité de la sécurité de l'utilisation des boues en agriculture:

- **0 % pour «oui, absolument»**, aucun répondant ne pense qu'il est absolument nécessaire d'avoir plus de recherche et de données scientifiques pour être convaincu à l'efficacité et de la sécurité des boues en agriculture,
- **0 % pour «oui, dans une certaine mesure»**, aucun indépendant ne pense qu'un certain niveau de recherche supplémentaires et nécessaire,
- **80 % pour «non, pas de spécialement»**, la majorité des répondants (80 %) ne ressentent pas un besoin urgent de plus de recherches mais ils ne sont pas totalement opposés à l'aider,
- **20 % pour «non»**, une minorité significative (20 %) et convaincu de l'efficacité de la sécurité des boues en agriculture sans avoir besoin de recherche supplémentaire.

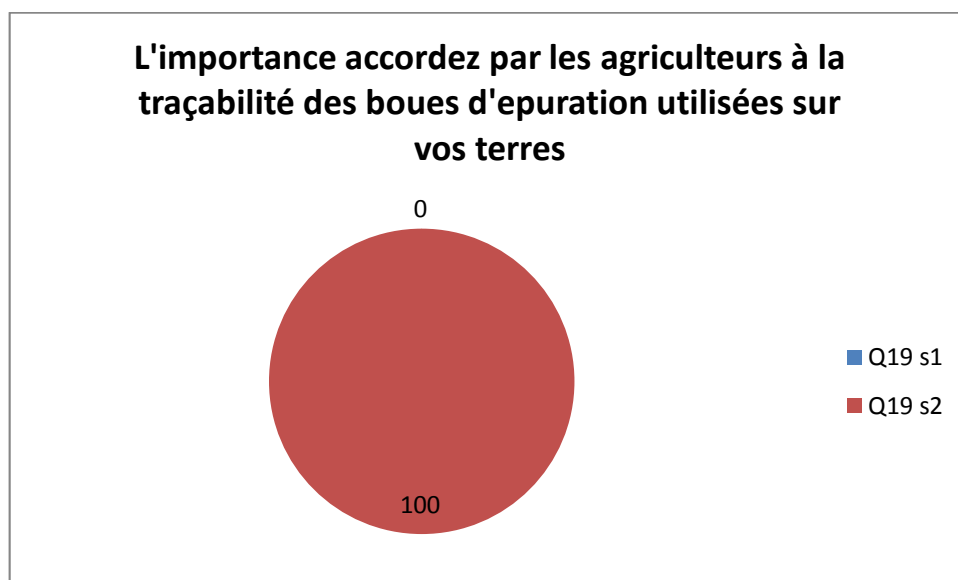
Cela montre que la plupart des répondants sont relativement confiant dans l'utilisation des boues en agriculture avec une majorité qui ne demande pas de recherche supplémentaire bien qu'il ne soit pas totalement fermé et cette idée une minorité est déjà convaincue sans besoin de preuves additionnels.

**Tableau 37: Le besoin d'avantages, des recherches et des données scientifiques pour être convaincu de l'efficacité et de la sécurité de l'utilisation des boues en agriculture**

Q18				
	r1	r2	r3	r4
pourcentages	0	0	80	20

Les résultats de notre enquête montrent une confiance générale parmi les agriculteurs de Tizi Ouzou dans l'utilisation des boues en agriculture, avec une majorité ne ressentant pas le besoin urgent de recherches supplémentaires. Cependant, ils restent ouverts à de nouvelles informations et améliorations. Une minorité significative est déjà convaincue de l'efficacité et de la sécurité des boues sans nécessiter de preuves additionnelles. Ces observations peuvent guider les futures actions et politiques pour renforcer les pratiques actuelles et promouvoir une adoption plus large des boues en agriculture.

**Figure 35: L'importance accordée par les agriculteurs à la traçabilité des boues d'épuration utilisées sur vos terres**



Le diagramme montre que 100 % sont des répondants considèrent la traçabilité des produits d'épuration comme pas importante, tandis que 0 % la considère comme très importante.

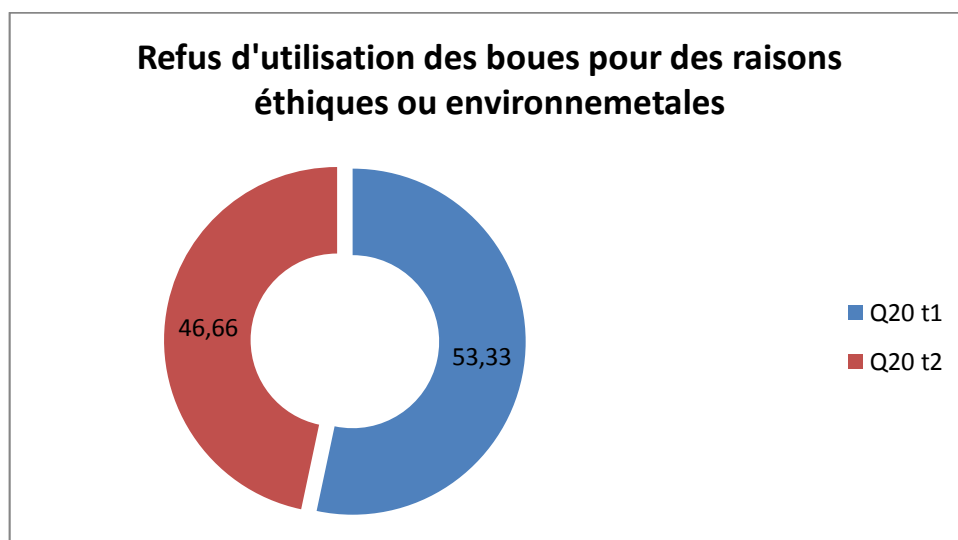
Cela signifie que selon ce diagramme la traçabilité des boues d'épuration n'est pas une priorité pour les personnes interrogées.

**Tableau 38: L'importance accordée par les agriculteurs à la traçabilité des boues d'épuration utilisées sur vos terres**

		Q19	
		s1	s2
pourcentages		0	100

Les résultats de notre enquête montrent que la traçabilité des boues d'épuration n'est pas perçue comme une priorité par les agriculteurs de la région de Tizi Ouzou. Cela pourrait être dû à un manque de sensibilisation aux avantages de la traçabilité, une confiance élevée dans la qualité des boues, ou des priorités différentes telles que le coût et les bénéfices agronomiques immédiats. Pour améliorer cette situation, des efforts de formation et de sensibilisation sont nécessaires afin de mieux informer les agriculteurs sur les avantages de la traçabilité et les meilleures pratiques de gestion des boues d'épuration.

**Figure 36: Refus d'utiliser des boues d'épuration pour des raisons éthiques ou environnementales**



Le diagramme montre si vous avez déjà refusé d'utiliser des boues d'épuration pour des raisons éthiques ou environnementales ou non:

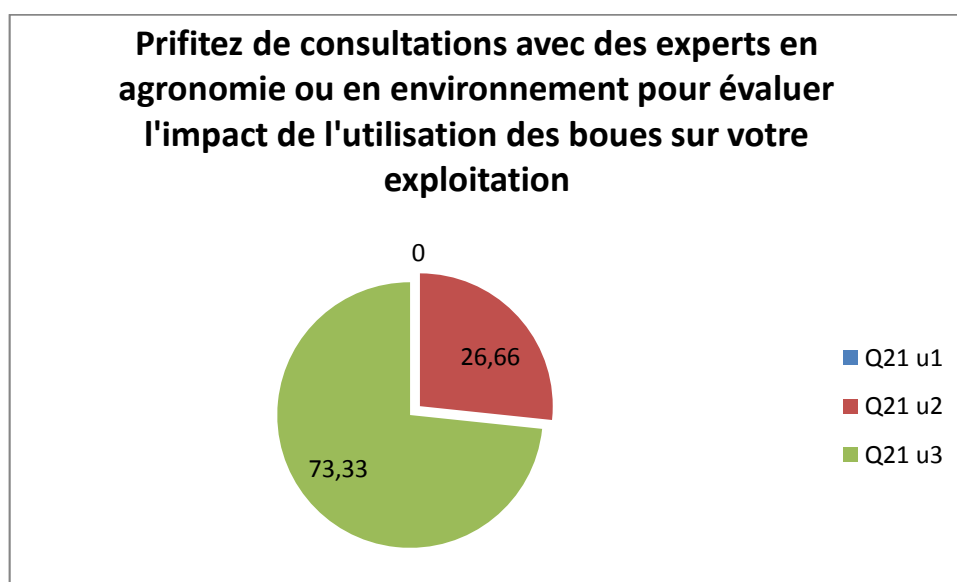
- **53,33 % des répondants** ont répondu «**oui**», ce qui signifie qu'ils ont refusé d'utiliser des boues d'épuration pour ses raisons.
- **46,66 % des répondants** ont répondu «**Non**», indiquant qu'ils n'ont pas refusé d'utiliser des boues d'épuration pour des raisons éthiques ou environnementales

Les résultats de notre enquête montrent une répartition équilibrée des opinions sur l'utilisation des boues d'épuration en agriculture, avec une légère majorité de répondants exprimant des réticences éthiques ou environnementales. Cela souligne l'importance de fournir des informations claires et fiables aux agriculteurs pour les rassurer sur la sécurité et les avantages potentiels de ces pratiques. En outre, il est crucial de continuer à dialoguer avec les agriculteurs et de développer des politiques et des programmes de formation pour encourager une utilisation sécurisée et efficace des boues d'épuration.

**Tableau 39: Refus d'utiliser des boues d'épuration pour des raisons éthiques ou environnementales**

	Q20	
	t1	t2
pourcentages	53.33	46.66

**Figure 37: Profitez de consultations avec des experts en agronomie ou en environnement pour évaluer l'impact de l'utilisation des boues sur votre exploitation**



Interprétation de diagramme basé sur les pourcentages fournis pour les bénéficiant de la consultation avec des experts en agronomie ou en l'environnement pour évaluer l'impact de l'utilisation des boues sur votre exploitation :

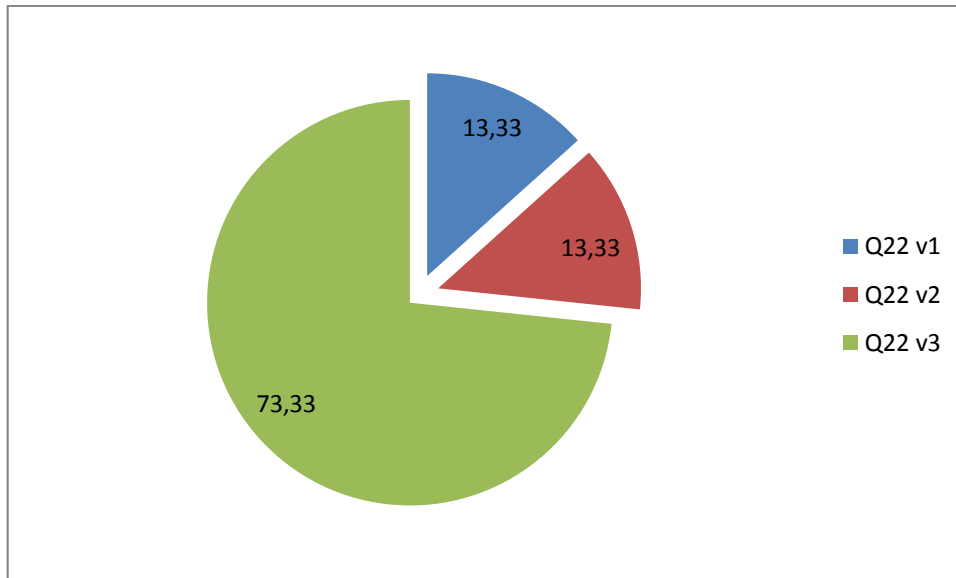
- **Absence de consultations régulières (0 %) :** Le fait qu'aucun répondant ne consulte régulièrement des experts pourraient indiquer un manque d'accès ou de sensibilisation à l'importance de ces consultations.
- **Consultation occasionnelle (26.66 %) :** une minorité consulte des experts de manière occasionnelle, ce qui pourrait être dû à des à des besoins spécifiques ou à des contraintes de coûts.
- **Manque de consultation (73.33 %) :** la majorité n'ayant jamais consulté d'experts pourraient signaler un besoin de formation et de sensibilisation sur les avantages potentiels de telle consultation pour optimiser l'utilisation des boues d'épuration.

Les résultats de notre enquête montrent un besoin crucial de sensibilisation et de formation des agriculteurs de Tizi Ouzou sur les avantages des consultations avec des experts en agronomie et en environnement. L'absence de consultations régulières et le manque de consultation majoritaire soulignent l'importance de rendre ces services plus accessibles et de promouvoir les bonnes pratiques pour optimiser l'utilisation des boues d'épuration en agriculture. Des initiatives ciblées pourraient améliorer la durabilité et l'efficacité des pratiques agricoles locales.

**Tableau 40: Profitez de consultations avec des experts en agronomie ou en environnement pour évaluer l'impact de l'utilisation des boues sur votre exploitation**

	Q21		
	u1	u2	u3
pourcentages	0	26.66	73.33

**Figure 38: L'acceptation de partager vos données d'exploitation et résultats de cultures pour une étude sur les impacts à long terme de l'utilisation des boues**



Le diagramme montre les réponses sur la question, seriez-vous prêts à partager vos données d'exploitation et résultats de les cultures pour une étude sur les impacts à long terme de l'utilisation des boues, voici l'interprétation des pourcentages:

- Oui totalement disposé: 13,33 %.
- Oui mais seulement anonymement: 13,33 %.
- Non, je préfère ne pas partager: 73,33 %.

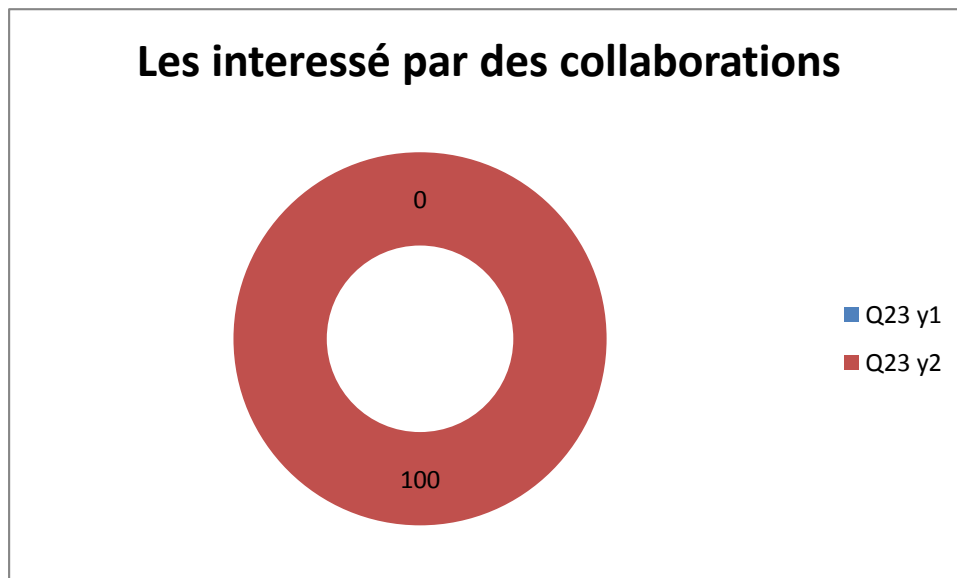
Cela signifie que la majorité des indépendants (73,33 %) préfère ne pas partager leurs données une minorité égale à (13,33 %) et prêt à partager leur donner soit totalement soit anonymement.

**Tableau 41: L'acceptation de partager vos données d'exploitation et résultats de cultures pour une étude sur les impacts à long terme de l'utilisation des boues**

	Q22		
	v1	v2	v3
pourcentages	13.33	13.33	73.33

Les résultats de votre étude montrent que 73,33 % des agriculteurs sont réticents à partager leurs données d'exploitation, préférant ne pas les divulguer. Cependant, une minorité égale (13,33 %) est prête à partager leurs informations, soit totalement, soit anonymement. Pour améliorer la participation, il est crucial de renforcer la confiance des agriculteurs en garantissant la confidentialité de leurs données et en expliquant clairement les bénéfices potentiels de l'étude. Des incitations et des assurances sur l'anonymat pourraient également encourager une plus grande collaboration.

**Figure 39: Les intéressés par des partenariats ou des collaborations avec des organisations de recherche pour améliorer les pratiques d'épandage et le traitement des boues**



Le diagramme montre des résultats sur l'intérêt pour des partenariats ou des collaborations avec des organisations de recherche pour améliorer les pratiques d'épandage et le traitement des boues.

- Oui très intéressé: 0 %,
- Peu intéressé: 100 %.

Cela signifie que 100 % des répondants sont peu intéressés par des partenariats ou des collaborations avec des organisations de recherche pour améliorer les pratiques d'épandage et le traitement des boues. Aucun des répondants n'a exprimé un fort intérêt pour ses collaborations.

**Tableau 43: Les intéressants par des partenariats ou des collaborations avec des organisations de recherche pour améliorer les pratiques d'épandage et le traitement des boues**

		Q23	
		y1	y2
pourcentages		0	100

Les résultats de notre enquête révèlent une hésitation notable parmi les agriculteurs à collaborer avec des institutions de recherche pour optimiser les méthodes d'épandage et de traitement des boues. Cette situation pourrait être due à un manque de confiance, de connaissance, ou à des expériences passées négatives. Pour surmonter ces obstacles, il serait bénéfique d'organiser des ateliers de sensibilisation, de présenter des études de cas réussies, et de proposer des incitations financières pour encourager la participation des agriculteurs.

**(b) Résultats et discussions**

**L'utilisation des boues d'épuration en agriculture présente plusieurs avantages et défis. Les agriculteurs de votre échantillon utilisent les boues d'épuration pour plusieurs raisons :**

- **Richesse en nutriments :** Les boues d'épuration sont riches en matières organiques et en nutriments essentiels comme l'azote et le phosphore, ce qui améliore la fertilité des sols et la productivité des cultures,
- **Amélioration de la structure du sol :** L'application de boues d'épuration aide à améliorer la structure du sol, augmentant ainsi sa capacité de rétention d'eau et sa perméabilité,
- **Coût et accessibilité :** Les boues d'épuration sont souvent plus accessibles et moins coûteuses que les engrais chimiques, ce qui les rend attractives pour les agriculteurs locaux.

**Cependant, plusieurs obstacles et préoccupations doivent être pris en compte :**

- Il est crucial de respecter les réglementations en vigueur pour éviter la contamination des sols et des cultures par des métaux lourds ou des agents pathogènes présents dans les boues,

- La perception des agriculteurs et des consommateurs vis-à-vis de l'utilisation des boues d'épuration peut influencer leur adoption. Une sensibilisation et une formation adéquates sont nécessaires pour surmonter ces réticences,
- Une gestion rigoureuse est nécessaire pour minimiser les risques environnementaux, notamment la pollution des eaux souterraines et de surface.

**Pour améliorer les pratiques et maximiser les bénéfices tout en minimisant les risques, voici quelques solutions:**

- Organiser des sessions de formation pour les agriculteurs sur les bonnes pratiques d'utilisation des boues d'épuration et les avantages environnementaux et économiques,
- Mettre en place des systèmes de suivi et d'évaluation pour contrôler la qualité des boues et leur impact sur les sols et les cultures,
- Travailler en étroite collaboration avec les autorités locales pour assurer le respect des réglementations et promouvoir des pratiques durables.

En conclusion, la valorisation des boues d'épuration en agriculture à Tizi Ouzou offre un potentiel significatif pour améliorer la fertilité des sols et la productivité agricole, à condition de gérer efficacement les risques et de sensibiliser les parties prenantes.

La gestion et la valorisation des eaux usées épurées et des boues résiduaire urbaines représentent des enjeux cruciaux pour la durabilité environnementale et la santé publique.

Les recherches montrent que l'utilisation de ces ressources en agriculture, notamment par l'épandage et le compostage, offre des avantages significatifs, tels que l'amélioration de la fertilité des sols et la réduction de l'utilisation d'engrais chimiques. Cependant, des défis subsistent, notamment en termes de perception des agriculteurs, de réglementation stricte et de nécessité de technologies avancées pour assurer la sécurité et l'efficacité des processus. Constituer une approche intégrée et innovante est essentielle pour maximiser les bénéfices tout en minimisant les risques associés à la valorisation de ces ressources.

A la lumière de notre étude qui a consisté à réaliser une enquête auprès de l'organisme producteur de ces ressources ainsi que les agricultures de la wilaya, on a tiré les conclusions suivantes :

- La totalité des agriculteurs recensés ne valorise pas l'eau usées épurée produite par les stations d'épuration de la wilaya pour des raisons liées à la réglementation et à l'absence de moyens, notamment l'installation d'un réseau d'amené de la STEP vers les exploitations agricoles. Néanmoins quelques agriculteurs souhaitent avoir cette source pour lutter contre le stress hydrique qui s'installe très tôt ces dernières années et qui est accentué par les changements climatiques.
- Certains agriculteurs ont émis le vœu de valoriser les eaux usées épurées et ont demandé à l'ONA de leur faciliter la procédure, sauf que leurs demandes ont été rejetés.
- La totalité des agriculteurs recensés valorisent les boues résiduaire en agriculture.
- Les agriculteurs utilisateur des boues résiduaire ont exprimé leur satisfaction de l'impact de cette utilisation sur les rendements des cultures, l'amélioration de la fertilité du sol ainsi que la diminution de l'utilisation des engrais chimiques.
- La majorité des agriculteurs (60 %) possèdent des connaissances élevées sur l'intérêt agronomique des boues urbaines.

- Les parcelles épandues par les boues sont suivies par l'ONA (100 %) et 46.66 % sont suivies par l'ONA et l'Université.

D'une manière générale, la valorisation des eaux usées épurées et des boues résiduelles en agriculture au niveau de la wilaya de Tizi Ouzou est limitée. A cet effet, il est recommandé d'intensifier les efforts pour améliorer les conditions de valorisation de ces deux ressources dont la quantité produite et rejeté dans les milieux naturels par les différentes STEP ne cesse pas d'augmenter d'une année à l'autre.

L'amélioration des conditions de valorisations consiste à renforcer les organismes concernés notamment l'ONA par les moyens nécessaires pour une meilleure évaluation de la qualité de ces produits et un meilleur suivi des agriculteurs utilisateurs.

Instaurer un programme de formations des agriculteurs de l'intérêt de la valorisation de ces produits ainsi que les risques liés à cette pratique.

**Adjoudj.H et Arab.A, 2018:** Caractérisation et Valorisation de la boue de station d'épuration des eaux usées de la ville de Bouira. Mémoire de Master en biodiversité et environnement, Université de Akli Mohand Oulhadj – Bouira. P15. 20-23. 32.

**Amir.S, 2005 :** Contribution a la valorisation de boues de stations d'épuration par compostage : Devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost, Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse.

**Ben saci.A, Zeid.M, 2022 :** Etude thermodynamique et cinétique de l'adsorption de quelques colorants sur charbon actif, Mémoire de Master en Génie Chimique, Université KASDI-MERBAH Ouargla, Faculté des sciences appliquées.

**Bennadji.Y, 2022 :** La possibilité de la réutilisation des eaux usées épurées de la station d'épuration de la wilaya de Batna pour l'irrigation de la plaine d'El Madher, Mémoire de Master en Ouvrages hydrauliques, Université Mohamed khider –Biskra.

**Benzaghou.Y, 2021 :** Effets de l'utilisation des eaux usées épurées et des sous-produits de la STEP d'Ain El Houtz sur la qualité des cultures du périmètre irriguée de Hennaya, Mémoire de Master en Protection Végétale, Université Aboubekr Belkaid-Tlemcen, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, et des Sciences de la Terre et de l'Univers.

**Bougada.A, Koreichi.B, 2020 :** Exploration des différentes étapes de l'épuration biologique des eaux usées et mesure de la charge organique ; Cas station de Oued Athmania, Mémoire de Master en Bioindustrie, Analyse et Contrôle, Université des Frères Mentouri Constantine 1.

**Boulahbal.O ,2011:** Contribution à l'étude de l'évolution de la matière organique des boues dans le sol. Mémoire de magister en Protection des Ecosystèmes, Centre Universitaire El Wancharissi de Tissemsilt. P81.

**Bouzidi.K et Hachemi.K, 2019:** Caractérisation des boues résiduelles urbaines pour une utilisation agricole et une prévention de la pollution de la ressource sol dans la wilaya de Tizi-Ouzou, Mémoire de Master en Science du sol, Université Mouloud Mammeri de tizi ousou. P8.27.

**Brik.S, 2023 :** Contribution à l'étude des performances d'Épuration par boues activées, Mémoire de Master en Hydraulique, Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique.

**Centre d'information sur l'eau (2010) :** L'exploitation des eaux usées : une solution pour préserver les ressources en eau.

**Chergui.F, 2020 :** Caractérisation et valorisation des boues de la station d'épuration de la ville de Boussaâda, Mémoire de Master en Hydraulique urbaine, Université Mohamed khider –Biskra.

**Courrier de l'environnement de l'INRA.** L'épandage agricole des boues de stations d'épuration d'eaux usées urbaine. [En ligne]. n°41. 2000, 134-125 p.

**Djezzar.F, Briki.F, 2020 :** Valorisation des boues d'épuration dans le traitement des eaux huileuses au niveau de la région de HAUD BERKAOUI, Mémoire de Master en Génie Chimique, Université Kasdi-Merbah Ouargla.

**Ferradji.N ,2021 :** Caractérisation et évaluation économique des boues résiduaires en vue d'un développement durable, Mémoire de Master en Développement agricole et agroalimentaire, Université Ibn Khaldoun (Tiaret).

**Filali.S, 2019:** Evaluation des teneurs en phosphore et en potassium assimilables des boues urbaines pour l'amendement des sols agricoles de Tizi-Ouzou, Mémoire de Master en Production végétale, Université Mouloud Mammeri de tizi ouzou.

**Guerfi.Z, 2012 :** Impact de l'utilisation des boues résiduaires sur les propriétés physico--chimique des sols de la haute Vallée de la Medjerda wilaya de Souk Ahras, Mémoire de Master en Pathologie des Ecosystèmes, Université Badji-Mokhtar Annaba. P4.

**Habbaz.d, Siboukeur.Kh, 2019 :** Essai de caractérisation des boues de la station d'épuration de Saïd-Otba (Ouargla), Mémoire de Master en Ecologie Végétale et Environnement, Université Kasdi Merbah (Ouargla).P3. 12-13. 18. 20.

**Kechit.z, Nekiche.F, 2020 :** Valorisation des eaux usées épurées en agriculture : Impacts sur le sol et la plante, Mémoire de Mast er en science du sol, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

**Labbaci.H, Boumenkar.T, 2019 :** Analyse des anomalies et redimensionnement de la STEP de la Wilaya de SKIKDA, Mémoire de Master en hydraulique urbaine, UNIVERSITÉ Badji Mokhtar Annaba, Faculté des Sciences et de la Technologie.

**Metahri. M.S, 2012 :** Élimination 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) U.M.M.T.O.

**Oulad laid.A, Rezgui.H, 2020 :** L'étude des procédés de déshuilage des eaux huileuse dans l'industrie pétrolière, Mémoire de Master en Génie chimique, Université de Ghardaïa, Faculté des Sciences et Technologies.

**Ramdani .N, 2007 :** Contribution à l'étude des boues urbaines de la station d'épuration des eaux usées résiduaires. Effet sur la fertilité d'un sol sableux, Magister en Science de l'Environnement et Climatologie, Université d'Oran, Faculté des Sciences.

**Ramdani.N ,2007 :** Contribution à l'étude des boues urbaines de la station d'épuration des eaux usées résiduaires. Effet sur la fertilité d'un sol sableux, Mémoire de Master en Science de l'Environnement et Climatologie, Université d'Oran, Faculté des Sciences.

**Rezzag.S et Mimouni.M, 2019:** Valorisation des boues de la STEP de Touggourt dans la production de charbon actif. Mémoire de Master en traitement, épuration et gestion des eaux, Université Kasdi Merbah Ouargla. P5.

**Segueni.B, 2023 :** Étude du procédé de traitement des eaux huileuses au niveau de l'Unité de Traitement de Brut Sud (UTBS), Mémoire de Master en Génie Pétrochimique, Université KASDI-MERBAH Ouargla.

**Sili.F, Mostefai.F, 2016 :** Contribution à l'étude de l'effet de l'épandage des boues résiduaires sur les propriétés physiques et chimiques des sols agricoles dans la willaya de Tizi-Ouzou, Mémoire de Master en Gestion des Déchets Solides, Université Mouloud Mammeri de tizi ousou. P14.18.