



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية و الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA
RECHERCHESCIENTIFIQUE

جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف-

Université Chadli BENDJEDID d'El-Tarf

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Biologique

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de master en

« Agroenvironnement et Bio-indicateurs »

Thème

Impact du marnage des eaux du barrage
Cheffia sur l'abondance des lombrics

Présenté par : Hariati Bouchra et Ghemari Sara

Devant le jury

- Président : Mme Hennouni.N
- Encadreur : M Malkia.R
- Examineur: M Rouag.R
- Examineur :

Année universitaire : 2019_2020

Remerciement

Avant tout, nous remercions Dieu, le miséricordieux de nous avoir donnée le courage, la force et la patience pour réaliser ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance et mes remerciements au Mr Malkia Rabia, à qui j'ai trouvé tout l'appui aux moments les plus délicats, pour avoir accepté de diriger ce modeste travail, pour ses directives et conseils, et pour m'avoir consolidée durant cette année.

Mes sincères remerciements s'adressent aux membres de jury qui ont accepté de lire et juger ce travail.

Enfin je tiens à remercier mes parents ma famille, mes amis ainsi que toutes les personnes qui m'ont soutenue durant mes études.

Résumé

L'objectif de cette étude est de procéder à un dénombrement des lombrics et d'étudier leurs comportements en fonction des variations du plan d'eau du barrage de Cheffia. Les fonds vaseux du lac de barrage de cheffia renferment des populations abondantes d'oligochètes limicoles les résultats de cette étude mettent en évidence trois catégories lombriciens (épigé, endogé, anécique) décomposeurs de la matière organique. La densité de ces décomposeurs dans les stations étudiée est faible. Cette faible densité peut être associée aux activités agricoles intenses et à la pauvreté naturelle des sols.

Mots clés : Lombrics, marnage, barrage cheffia, Bilan hydrique.

Abstract

The objective of this study is to carry out a count of earthworms and to study their behavior according to the variations of the water body of the chaffia dam. The muddy bottoms of the cheffia dam lake contain abundant populations of shorebird oligochaetes. The results of this study highlight three earthworm categories (epigeal, endogenous, anecic) decomposers of organic matter. The density of this decomposers in the station studied is low. This low density may be associated with intense agricultural activities and the natural poverty of soils.

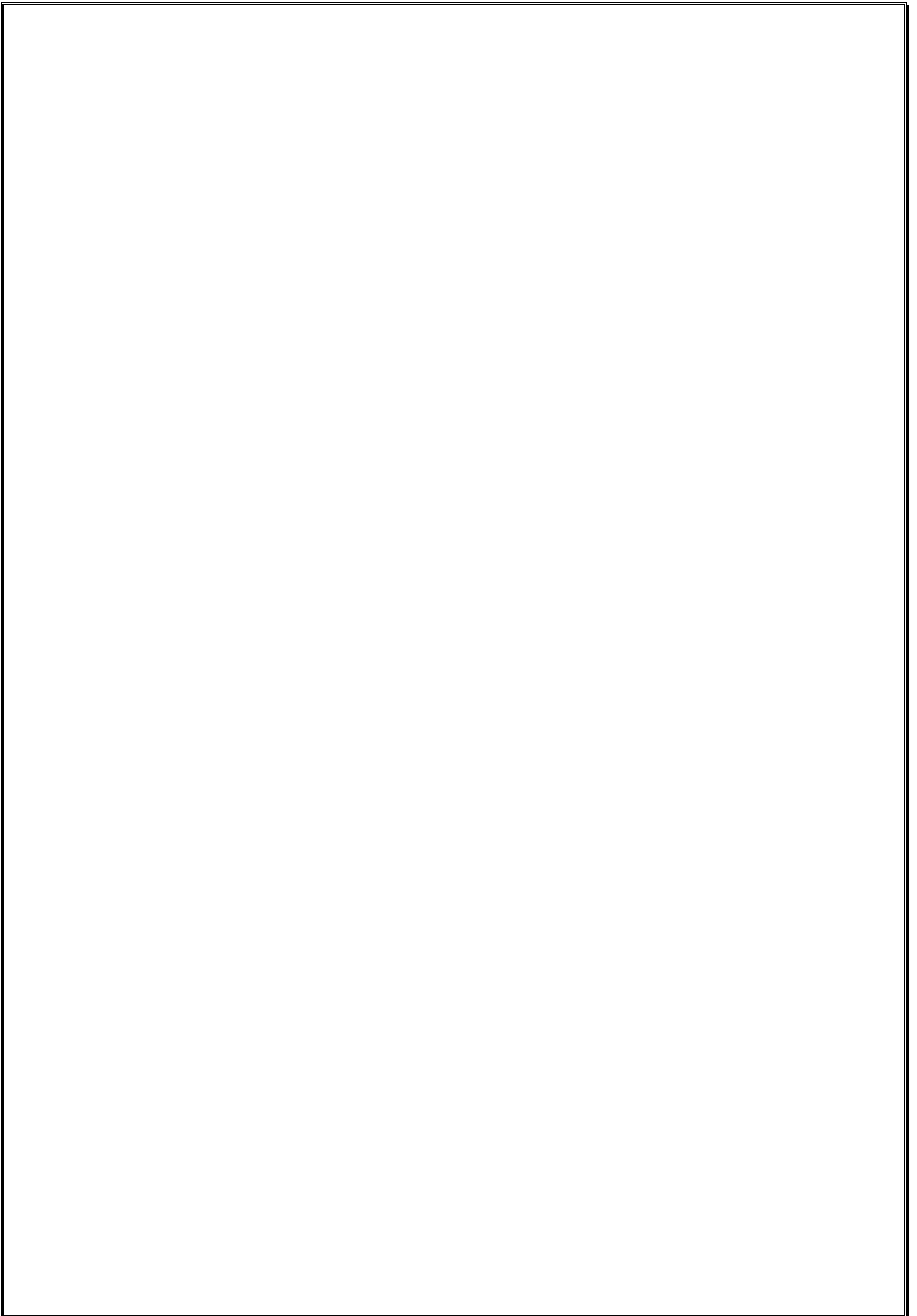
Key words: earthworms, tidal, range, cheffia dam, water balance.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو إجراء إحصاء لديدان الأرض و دراسة سلوكها وفقا لتغيرات المسطح المائي لسد الشافية. تحتوي القيعان الموحلة لبحيرة سد الشافية على مجموعات مختلفة من هذه الديدان.

سلطت نتائج هذه الدراسة الضوء على ثلاث فئات من دودة الأرض (لسانجي داخلي متحلل) للمواد العضوية. مع الأنشطة الزراعية كثافة هذه المخلات في المحطة المدروسة منخفضة. قد تترافق هذه الكثافة المنخفضة المكثفة والفقر الطبيعي للتربة.

الكلمات المفتاحية ديدان الارض نطاق المد والجزر سد الشافية توازن الماء



ملخص

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Cycle biologique ver de terre.....	4
Figure 2. L'accouplement chez les lombrics.....	6
Figure 3. Morphologie des lombrics.....	6
Figure 4. Répartition écologique des vers de terre.....	10
Figure 5. Schématisation d'un bassin versant.....	22
Figure 6. Situation géographique du barrage de Cheffia.....	27
Figure 7. Localisation du barrage de Cheffia.....	27
Figure 8. Diagramme pluviométrique de la station de Cheffia (1976-2015).....	30
Figure 9. Carte des sols de la zone d'étude, propre élaboration basée sur la carte des sols de l'Algérie.....	31
Figure 10. Carte d'utilisation des terres de la zone d'étude (barrage de Cheffia).....	32
Figure 11. Localisation des stations d'étude.....	38
Figure 12. Bilan hydrologique de l'année 2016-2017.....	44
Figure 13. Situation du marnage à la date 27 /09/2016.....	45
Figure 14. Bilan hydraulique de l'année 2017-2018.....	46
Figure 15. Situation du Marnage à la date 20/06/2017.....	46
Figure 16. Bilan hydraulique de l'année 2018-2019.....	47
Figure 17. Situation du Marnage à la date 28/07/2018.....	48
Figure 18. Bilan hydraulique de l'année 2019-2020.....	48
Figure 19. Situation du Marnage à la date 04/07/2019.....	49
Figure 20. Bilan hydraulique annuel de l'année jusqu'au 2017 - 2020.....	49
Figure 21. Abondance des vers de terre dans la zone d'étude.....	50
Figure 22. Nombres d'individus par catégories des lombrics.....	51
Figure 23. Pourcentages (%) des catégories écologiques des lombriciens dans la zone d'étude.....	52

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 .ver épigé (<i>Dichogaster saliens</i>).....	10
Photo 2. ver anécique (<i>Apporoctodea giardi</i>).....	11
Photo 3. ver endogé (<i>Pontoscolex corethrurus</i>).....	12
Photo 4 .matériels utilisés.....	36
Photo 5. Délimitation d'une station d'étude.....	38
Photo 6. Préparé la solution.....	39
Photo 7. Arrosage de la station.....	39
Photo 8. Récolte les vers de terre.....	40
Photo 9. Les vers de terre dans une bassine rempli d'eau.....	41
Photo 10. Lavé les vers de terre.....	41

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Caractéristiques des trois catégories écologiques de vers de terre.....	3
Tableau 2 . Caractéristiques de la digue du barrage.	28
Tableau 3. Qualité d'eau du barrage de Cheffia du mois de Décembre 2015.....	29
Tableau 4. Qualité d'eau du barrage de Cheffia du mois de Février 2016.....	29
Tableau 5. Evolution mensuelle des apports d'eau.....	33
Tableau 6. Evolution saisonnière des apports d'eau.....	33
Tableau 7. Évolution mensuelle et saisonnière de prélèvement.	33
Tableau 8. Évolution des paramètres climatique de l'année 2016-2017.....	34
Tableau 9. Évolution mensuelle des paramètres climatique de l'année 2017-2018.....	34
Tableau 10. Évolution mensuelle des paramètres climatique de l'année 2018-2019.....	35
Tableau 11. Évolution mensuelle des paramètres climatique de l'année 2019-2020	35
Tableau 12. Évolution annuel des paramètres climatique (station barrage Cheffia).....	35
Tableau 13. Les coordonnées géographiques des stations d'étude.....	38
Tableau 14. Bilan mensuelle de l'année 2016-2017.....	44
Tableau 15. Bilan mensuelle de l'année 2017-2018.....	45
Tableau 16. Bilan mensuelle de l'année 2018-2019.....	47
Tableau 17 . Bilan mensuelle de l'année 2019-2020.....	48
Tableau 18 . Bilan annuel de l'année 2016 jusqu'à 2020.....	49
Tableau 19. Abondance des vers de terre selon les stations dans la zone d'étude	50
Tableau 20. Nombres d'individus par catégories des lombrics récoltés dans la zone d'étude.....	51

LISTE DES ABRIVIATIONS

FAO : Food Agricultural Organisation	pH : potentiel hydrogène
IRR : Irrigation	RS : résidu sec
AEP : Alimentation en eau potable	O2d : oxygène dissous
DBO5 : demande biochimique en Oxygène pendant 5 jours	NO3 : le nitrate
MES : matière en suspension	NH4 : ammonium
DCO : La demande chimique en Oxygène	PO4 : phosphate
NO2 : le dioxyde d'azote	AEP : Alimentation en eau potable

Sommaire

Remerciement	
Résumé.....	
Liste des figures.....	
Liste des photos.....	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations.....	
Introduction.....	1
Chapitre 1 Généralité sur les vers de terre	2
1.1. Position Taxonomique.....	3
1.2. Cycle de vie.....	4
1.3. Reproduction et longévité.....	5
1.4. Morphologie.....	6
1.4.1. Anatomie externe.....	7
1.4.1.1. Taille.....	7
1.4.1.2. Coloration.....	7
1.4.1.3. Soie.....	7
1.4.1.4. Tête.....	8
1.4.1.5. Pores dorsaux.....	8
1.4.1.6. Caractères sexuels externes.....	8
1.4.2. Anatomie interne.....	8
1.4.2.1. La peau et les muscles.....	8
1.5. Ecologie des lombrics.....	9
1.5.1. Les épigés.....	10
1.5.2. Les anéciques.....	11
1.5.3. Les endogés.....	11
1.6. Impacts des facteurs abiotiques sur les lombrics.....	12
1.6.1. Facteur hydrique.....	12
1.6.2. Facteurs édaphique.....	12
1.6.2.1. Température et humidité du sol.....	12
1.6.2.2. Type de sol et pH.....	13
1.6.2.3. La matière organique.....	13
1.6.2.4. Salinité.....	14
1.6.2.5. Texture.....	14
1.6.2.6. Calcium.....	15
1.7. Respiration.....	15
1.8. Alimentation.....	15
1.9. Le rôle écologique des vers de terre.....	15
1.10. Importance et caractéristique des vers de terre.....	16
1.10.1. Création des galeries.....	17
1.10.2. Drilosphère.....	17

1.10.3. Formation des turricules.....	17
1.10.4. Importance économique.....	18
1.10.5. Importance agronomique.....	18
1.11. Dynamique de la population des vers de terre.....	18

Chapitre 2 Généralité sur les barrages.....20

2. Généralité sur les barrages.....	20
2. 2. Le cycle hydrologique.....	20
2.3. Les barrages autrefois.....	20
2.4. Les barrages aujourd’hui.....	21
2.5. Le bassin versant.....	21
2.6. Rôle et Fonctionnement d’un barrage.....	22
2.7. Les retenues des eaux "les barrages".....	22
2.8. Les éléments du bilan hydrologique.....	23
2.8.1. Les entrées.....	23
2.8.1.1. Les apports d'eau.....	23
2.8.1.1.1. Les Précipitations.....	24
2.8.2. Les sorties.....	24
2.8.2.1. L'irrigation.....	25
2.8.2.2. L'Evaporation.....	25
2.8.2.3. Le déversement du barrage.....	25

Chapitre 3 Matériels et Méthode.....27

1. Présentation de la zone d'étude.....	27
1.2. Caractéristiques du barrage de Cheffia.....	28
1.2. 1. Contexte climatique.....	29
1.2.3. Contexte pédologique.....	30
1.2.4. Occupation du sol.....	31
2. Condition du marnage.....	32
2.1. Évolution de bilan hydrique et fonctionnement du plan d'eau.....	32
2.1.1. évolution mensuelle et saisonnière des apports d'eau.....	32
2.2. Évolution mensuelle et saisonnière des prélèvements.....	33
3. Matériels et Méthode.....	34
3.1. Présentation de logiciels.....	34
3. 2. Matériels utilisé de prélèvement des lombrics.....	35
3.3. Méthode d'étude.....	37

Chapitre 4 Résultats et Discussion44

1. Résultats des bilans hydriques des quatre dernières années.....	44
1.1. Variation mensuelle et saisonnière du bilan.....	45
2. Résultats du dénombrement des lombrics.....	50
2.1. L'abondance des vers de terre dans la zone d'étude.....	50

2.2. Diversité et les catégories écologiques des peuplements de vers de terre récoltés dans la zone d'études.....50

Discussion

1. L'abondance des vers de terre.....51
2. Lombrics et température de l'air.....51
3. Lombrics et nature du sol (notamment dessiccation des sols).....52
4. Impact et Comportement des lombrics dans le sol en fonction du marnage.....53

Conclusion.....54

Les références bibliographiques.....

INTRODUCTION

Le sol constitue un milieu particulièrement favorable à la vie ; permettant le développement d'une grande diversité d'organismes (Diehl, 1975).

Les vers de terre représentant la majeure partie de la biomasse animale du sol, ils sont souvent considérés comme des organismes incontournables du fonctionnement des sols (Lavelle, 1988) et sont aussi communément appelés « Ingénieurs du sol » (Jones et al., 1994).

Les lombrics jouent un rôle essentiel dans la structure du sol et la régulation de l'équilibre minéralisation humification au cours de la décomposition (Sekhara, 2008).

Les fonds vaseux du lac de barrage de cheffia renferment des populations abondantes d'oligochètes limicoles. Cette retenue d'eau a été construite pour alimenter la ville d'Annaba en eau potable, le complexe sidérurgique d'El Hadjar en eau industrielle et du périmètre d'irrigation de Bou Namoussa sur une superficie de 16500 ha. Les prélèvements d'eau pour satisfaire cette demande ne sont pas compensés par les apports du bassin versant. La baisse importante du niveau d'eau qui en résulte découvre alors des étendues qui peuvent atteindre le quart de la surface totale du plan d'eau : c'est le marnage. Dans ces conditions les oligochètes limicoles sont capables de suivre les variations du niveau de l'eau (Kaster et Jacob, 1978) ou de s'enfoncer profondément dans le substrat (Kajak et Dusoge, 1971) pour y survivre pendant l'hiver (Paterson et Fernando, 1969). Certaines espèces peuvent même s'enkyster sous une enveloppe de mucus sécrétée par les téguments (Avel, 1959).

L'objectif de cette étude est de procéder à un dénombrement des lombrics et d'étudier leurs comportements en fonction des variations du plan d'eau du barrage de Cheffia. Notre travail est structuré de la façon suivante :

Le premier chapitre est consacré à une présentation générale sur les vers de terre et les caractéristiques des lombriciennes (chaque catégorie).

Le second représente les éléments du bilan hydrologique et comprend des Généralités sur les barrages.

Dans le troisième chapitre nous avons étudiés la présentation de la zone d'étude est une présentation du barrage de Cheffia, un calcul du bilan hydrologique des dernières quatre années et la méthode de prélèvement des lombrics. Alors que le quatrième est réservé à l'interprétation et la discussion de nos résultats.

1. Généralité sur les vers de terre

Les vers de terre, aussi appelés « lombriciens » représentent une composante majeure de la macrofaune du sol dans la plupart des écosystèmes terrestres. En 1994, plus de 3600 espèces de vers de terre, réparties en 15 familles, avaient été recensées dans le monde, auxquelles s'ajoutent plus de 60 nouvelles espèces chaque année. Ils jouent un rôle important dans leur environnement grâce à différents mécanismes physico-chimiques et biologiques, permettant d'améliorer la fertilité et de préserver la structure du sol (Stork et Eggleton, 1992 ; Lavelle et al. 1997). Ainsi, en affectant les propriétés physiques et chimiques du sol, ils modifient le biotope des communautés microbiennes (Lavelle et Gilot, 1994 ; Lavelle et al. 1997 ; cité par Huynh, 2009).

Plusieurs études ont classé les vers de terre en trois catégories et en cinq familles à travers le monde. Les trois groupes écologiques qui regroupent les vers de terre sont :

- les vers épigés qui vivent en surface dans les amas de matières organiques et creusent peu ou pas de galeries dans le sol. *Eudrilus eugeniae* fait partie de ce groupe (Pérès et al., 2011) ;
- les vers anéciques occupent la couche supérieure du sol autour de 25 cm, ils creusent des galeries verticales dont la longueur peut atteindre plusieurs mètres (Morin, 1999) ;
- les vers endogés vivent dans les couches plus profondes et creusent des galeries horizontales (Pérès et al., 2011).

Le tableau suivant présente les caractéristiques des trois catégories écologiques des vers de terre :

Tableau 1. Caractéristiques des trois catégories écologiques de vers de terre

Décrites par Bouché (1972 ; 1977).

	Espèce épigée	Espèce anécique	Espèce endogée
Alimentation	Litière décomposée a la surface du sol ; peu ou pas d'ingestion du sol	M.O décomposée à la surface du sol, dont une part est emmenée dans les galeries ; un peu d'ingestion de sol	Sol minéral avec préférence pour matériau riche en M.O
Pigmentation	Sombre, souvent ventrale et dorsale	Moyennement sombre, souvent uniquement dorsale	Peu ou pas pigmenté
Taille adulte	Petite à moyenne (10-30 mm)	Grande (10-110 cm)	Moyenne (1-20cm) ou grands
Galeries	Pas ;quelques galeries dans 1ers cm de sol par espèce intermédiaires	Grandes galeries verticales et permanentes dans horizon minéral	Galeries continue extensive, sub-horizontales, souvent dans les 15 premiers cm de sol
Mobilité	Mouvement rapides en repense à perturbation	Retrait rapide dans galerie mais plus lents que les épigés	Généralement lents
Longévité	Relativement	Relativement longue	Intermédiaire
Temps de génération	Court	Long	Court
Survie à sécheresse	Sous forme de cocons	Quiescence	Diapause
Prédation	Très importante surtout par oiseaux. mammifères et arthropodes prédateurs	Importante, surtout quand ils sont en surface, un peu protégés dans leur galerie	Faible : un peu par oiseaux qui creusant le sol et arthropodes prédateurs

1.1.Position Taxonomique

Les vers de terre appartiennent à l'embranchement des Annélides, à la classe des Clitellata et à l'ordre des Haplotaaxida. Ils se répartissent en différentes familles suivant des caractéristiques spécifiques (Empwal,2016).

Règne : Animal

Embranchement : Annélide

Classe : Clitellata

Sous-classe : Oligochaeta

Ordre : Haplotaxida

Sous-Ordre : Lumbricina

Famille : Eudrilidae, Acanthodrilidae, Lumbricidae, etc.

1.2. Cycle de vie

Tous les vers de terre sont hermaphrodites. Les vers de terre ont une durée de vie dépendante de l'espèce, de leur biotope et des conditions dans lesquelles ils vivent. La durée des quatre étapes fondamentales du cycle de vie des lombriciens (cocon, juvénile, sub-adulte et adulte) (figure1), la fécondité et la survie des vers dépendent fortement de l'espèce considérée mais aussi des conditions du milieu (Razafindra,2013).

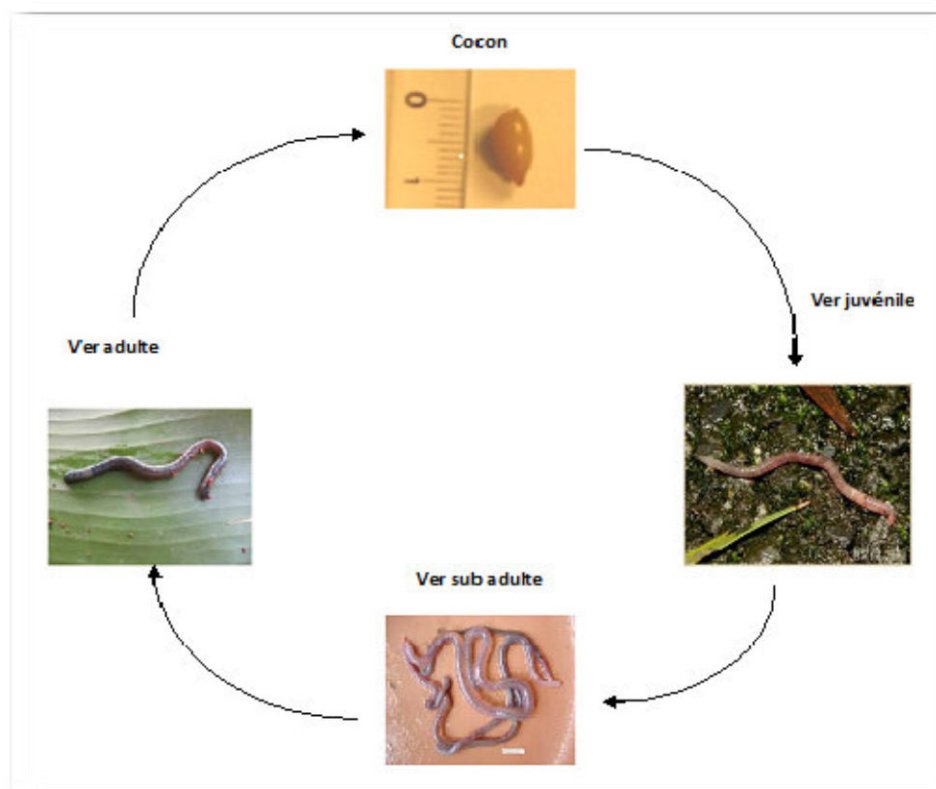


Figure 1. Cycle biologique ver de terre (Razafindra,2013).

Un échange de spermatozoïdes a lieu lors d'un accouplement, qui se produit généralement à la surface du sol, lorsque les conditions sont favorables. Quelques jours plus tard, le clitellum (partie renflée formant une bague sur le corps d'un ver de terre adulte) glisse

le long de la partie antérieure du ver et le cocon, encore appelé œuf ou zygote, contenant des gamètes mâles et femelles, est émis dans le sol sous forme d'une capsule fermée aux deux extrémités. Les cocons sont résistants aux conditions défavorables comme la sécheresse ou une modification de la température (Edwards et Bohlen, 1996). Le dessèchement du sol provoque la déshydratation du cocon, ce qui peut retarder le développement embryonnaire (Evans et Guild, 1948 ; Gerard, 1967, citée par Pelosi, 2008).

Le ver juvénile va progressivement acquérir des caractères sexuels secondaires externes liés à l'accouplement comme le puberculum tuberculeux ou les pores sexuels; il sera alors au stade sub-adulte. Un clitellum, organe lié au processus de ponte, va ensuite se former et permettre au ver de devenir sexuellement mature pour pouvoir se reproduire à son tour ; le ver est alors adulte. Le temps de maturation varie beaucoup entre espèces et dépend des conditions de milieu (température, humidité, nourriture) (Razafindra, 2013).

1.3. Reproduction et longévité

Les vers de terre sont hermaphrodites, l'autofécondation a été rarement observée. Les vers de terre se reproduisent en mieux au printemps et en automne, si les conditions de température et d'humidité dans le sol sont favorables (HERGER, 2003 ; VIGOT et CLUZEAU 2014). L'accouplement des vers se fait de nuit à la surface des sols (BACHELIER, 1978 et HERGER, 2003). La maturité sexuelle des individus se caractérise par l'épaississement de la peau dans la partie antérieure (clitellum) ; la présence d'un mucus collant et spécial ; des poils clip protègent les côtés du ventre rapprochés et des gamètes qui se produisent dans les ouvertures reproductrices mâles (HERGER, 2003). Les organes reproducteurs mâles sont sur les segments 9, 10, 11, 12 et 15 qui portent l'orifice (Fig.2). Les organes reproducteurs femelles sont sur les segments 13 et 14 qui portent l'orifice. Les segments 32. 37 forment la gangue muqueuse ; les gonopores des 2 lombrics ne sont pas face à quelque chose de marquant. Les spermatozoïdes migrent le long de l'animal pour arriver dans les Réceptacles séminaux (spermathèque). Quand ils sont accouplés, les 2 lombrics sont au stade sexuel mâle ; Dans certains cas, il y a accollement du gonopore mâle sur les réceptacles séminaux. Ensuite on passe. La phase de maturation des organes génitaux femelles. Il y a fabrication de la gangue muqueuse au niveau du clitellum puis l'animal recule pour atteindre le segment 9 (spermathèque) où il y aura fécondation externe, les spermatozoïdes d'un lombric sont déposés sur les organes génitaux femelles de l'autre lombric puis il y a formation d'un cocon (Fig.2) (GAUER, 2007).



Figure 2. L'accouplement chez les lombrics (TREMBLAY, 2014).

1.4. Morphologie

La morphologie externe et l'anatomie interne des oligochètes est détaillée dans des ouvrages généraux tels que Avel (1959). Lorsque les vers de terre ne sont pas pigmentés, ils sont qualifiés d'albiniques (Bouché, 1972) quoique leur teinte apparente puisse être assez variée, elle dépend en effet, de la coloration interne des organes, du fluide coelomique, du tube digestif et de son contenu.

Leur corps est mou, toujours humide grâce à un léger mucus. Ils se déplacent en contractant et allongeant alternativement leurs segments. Signalons que les vers de terre ont une odeur caractéristique, généralement assez discrète, mais qui devient relativement forte et désagréable chez *Eisenia fetida* (Baha, 2008). La figure 3 présente la morphologie du lombric.

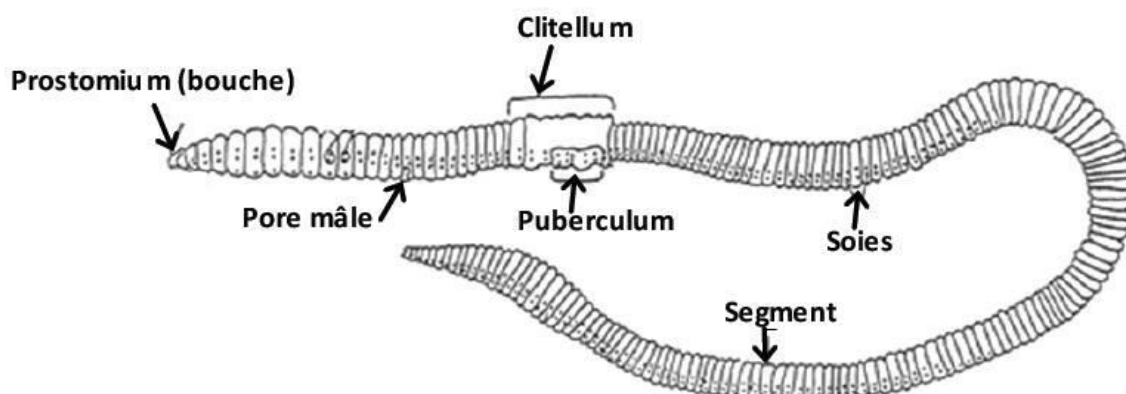


Figure 3. Morphologie des lombrics (source Edward et Lofty, 1977).

1.4.1. Anatomie externe

Le corps des vers de terre est cylindrique et formé d'une succession de segments semblables compris entre un lobe céphalique (prostomium) et un lobe terminal (pygidium).

Leur système nerveux se compose d'une chaîne ventrale double comportant une paire de ganglions par segment. Cette chaîne est reliée à l'avant à des ganglions cérébroïdes dorsaux par un collier périoesophagien (BACHELIER, 1978).

1.4.1.1. Taille

La taille des vers de terre est très variable. La longueur des vers peut varier du simple au double et, pour une même espèce, être influencée par de nombreux facteurs physiques, dont l'humidité du sol. Parmi lesquelles *Lumbricus terrestris* dont la taille est variée de 90 à 300 mm; *Eisenia roseaqui* est de 25 à 85 mm de taille et *Dendroba empygma* qui ne dépasse pas 15 à 30 mm (BACHELIER, 1978).

Selon les Catégories écologiques, les vers de terre sont classés en 3 groupes : les épigés sont des espèces de petite taille de 1-5 cm. Ils évoluent dans les premiers centimètres du sol, brassant et fractionnant la matière organique ; les endogés qui ont des taille variables entre 1 et 20 cm. ils vivent constamment dans le sol, ils créent des réseaux de galeries horizontaux très ramifiés et se nourrissent de matière organique déjà dégradée ; enfin les anéciques sont des espèces de grande taille de 10 à 110 cm. Ils évoluent verticalement, creusant des galeries pouvant descendre jusqu'à 3m . Ils mélangent la matière organique à la matière minérale et rejettent leurs déjections à la surface du sol, sous forme de turricules (MARTIN et *al.*, 2011; PERES et *al.*, 2011).

1.4.1.2. Coloration

Les vers de terre ont une large gamme de couleur. D'après VIGOT et CLUZEAU (2014) et PERES et *al.* (2011), les épigés sont de couleur foncée ; les endogés sont très peu colorés à apigmentés gris, rose ou vert. Les anéciques dont les couleurs varient du rouge au brun, avec couramment un gradient de couleur de la tête vers la queue. Selon BACHELIER (1978), les vers de surface apparaissent plus pigmentés que ceux qui vivent en profondeur Les vers des régions relativement sèches sont souvent de couleur plus sombre que les vers des régions humides.

1.4.1.3. Soie

Selon BACHELIER (1978), les vers de terre possèdent des soies rigides, peu nombreuses et de forme peu variée, implantées directement dans les téguments, soit en 8

1.4.1.4. Tête

D'après BACHELIER (1978), le prostomium constitue l'extrémité antérieure des vers de terre et n'a pas la même signification que les autres segments. Ses rapports avec le premier segment sont utilisés en systématique, chaque disposition ayant reçu un nom particulier

1.4.1.5. Pores dorsaux

Même auteur montre que, les pores dorsaux sont de petites ouvertures situées sur les sillons inter segmentaux ou la ligne dorsale et n'apparaissant uniquement que chez les oligochètes terricoles. Ces ouvertures communiquent avec la cavité centrale et le fluide coelomique.

1.4.1.6. Caractères sexuels externes

D'après BACHELIER (1978), L'emplacement des orifices mâles, dont les lèvres, épaisses et blanchâtres au moment de la reproduction, constituent un caractère sexuel secondaire bien visible. Par contre, l'emplacement des orifices femelles ne peut pas facilement être déterminé, car ces orifices sont très petits, même aux périodes de ponte. L'emplacement du clitellum, bourrelet qui apparaît sur le corps des vers de terre à maturité sexuelle et qui sécrète le cocon où sont pondus les oeufs. Et l'existence éventuelle de nervures génitales qui relie les orifices mâles au clitellum, notamment chez les Lumbricidés. L'existence de crêtes de puberté saillant sur le clitellum et des mamelons blanchâtres sur certains segments antérieurs. Ainsi que l'emplacement des orifices des réceptacles séminaux ou spermathèques, parfois visibles au moment de la reproduction ou *L. terrestris* possède deux paires de pores spermathécaux. Mais d'autres vers en ont davantage, jusqu'à un maximum de 7 paires.

1.4.2. Anatomie interne

1.4.2.1. La peau et les muscles

La peau est formée extérieurement par un épiderme recouvert d'une cuticule chitineuse très fine, et en profondeur par le derme. Elle est doublée par deux couches de muscles superposées : une couche de muscles circulaires et une couche de muscles longitudinaux ; ces derniers forment quatre bandes: une bande dorsale, une bande ventrale et deux bandes latérales. Dans l'épiderme se trouve des cellules sensorielles isolées ou groupées, plus nombreuses dans la partie antérieure du corps.

Des filets nerveux les relient à la chaîne nerveuse (Villeneuve et Désire, 1965). Les vers de terre présentent un phototactisme négatif (Boué et Chanton, 1974), car ils ont sur la peau, des cellules photosensibles qui provoquent de la douleur lorsqu'elles sont exposées à la lumière, sauf la lumière bleue. C'est pour cette raison qu'ils demeurent sous la surface du sol pendant la journée. Ils abandonnent toute matière qui ne répond pas à leurs besoins nutritionnels, mais si la surface est éclairée, ils ne bougent pas (Chaoui et Keener, 2008). Le lombric se déplace par reptation (mode de locomotion de certains animaux consistant à avancer sur le ventre grâce à des contractions musculaires et sans l'aide des membres). Son corps se contracte grâce aux muscles longitudinaux. Les soies permettent au lombric de

prendre appui sur le sol. Le mucus secrété par la peau facilite le glissement du Ver (Villeneuve et Désire, 1965).

1.5. Ecologie des lombrics

Les lombrics sont des animaux saprophages qui se nourrissent des déchets organiques qui jonchent le sol (feuilles et plantes en décomposition) mais aussi fèces d'animaux d'origine diverses ou de la matière organique du sol. De par leurs impacts sur l'activité microbienne, la stabilité structurale, la porosité, le type d'humus, la vitesse des cycles biogéochimique, le lessivage et la fixation d'azote, les lombrics jouent un rôle non négligeable dans le maintien des équilibres dans l'écosystème du sol. Ainsi, les lombrics ont été qualifiés d'organismes ingénieurs du sol (Stork et Eggleton, 1992 ; Lavelle, 1997) dans la mesure où ils influencent la diversité et l'activité d'organismes appartenant à des groupes fonctionnels subordonnés (transformateurs de litière, microprédateurs et microorganismes) et qu'ils régulent les transformations de nutriments (Lavalet al., 1997). L'action des lombriciens se situe à différentes échelles de temps et d'espace et varie selon l'espace, leur taille ou leur mode de vie (Bouché, 1977). Classez les lombriciens en trois catégories écologiques selon les critères morphologiques et comportementaux : les épigés, les anéciques et les endogés (fig.4).

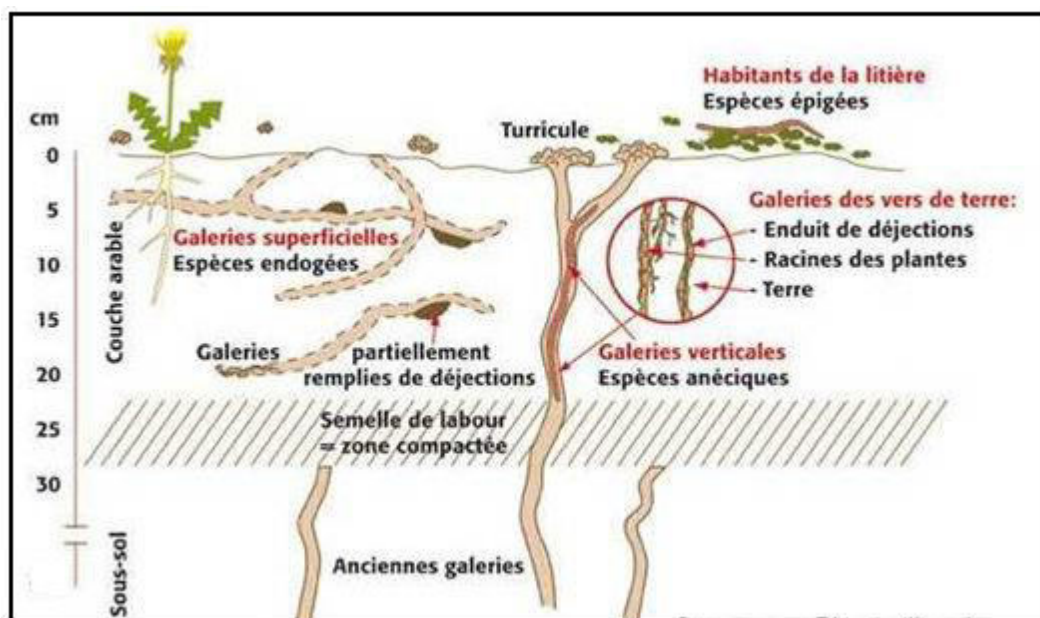


Figure 4. Répartition écologique des vers de terre (Source : www.bioactualites.ch).

1.5.1. Les épigés

Sont de petite taille (10 à 30 mm en générale) et vivent généralement dans la litière ingérant peu de matière minérale (photo1) (Bouché, 1977 ;Lee,1985).

C'est un ver qui sort généralement la nuit d'où le nom de ver nocturne africain (Brown et al., 2013). Plusieurs groupes se distinguent en fonction de leur régime alimentaire : les straminicoles (litière), les corticoles (écorce et tronc d'arbre en décomposition, compostes et fumier), les détritrophages (déchets organiques divers) et les coprophages (déjections de mammifères). Ces espèces sont localisées en surface et sont donc particulièrement sensibles à la prédation, aux variations climatiques et aux facteurs anthropiques tels que le labour des horizons de surface et l'usage de phytosanitaires. Les épigés sont rarement présents en sols cultivés. Des introductions intempestives sont parfois réalisées lors d'épandages de fertilisants organiques comme le fumier et le lisier (Binet, 1993).



Photo 1 .ver épigé (*Dichogaster saliens*)

Source : <http://www.google.fr/search?q=dichogaster%20saliens>

1.5.2. Les anéciques

Sont des individus de taille moyenne à géante, dans le cas des espèces méditerranéennes, (10 à 110 cm) vivant dans des galeries verticales à subverticales plus ou moins ramifiées et s'ouvrant en surface (photo2). Au cours de l'ingestion du sol et de l'enfouissement de la matière organique, ils assurent un mélange intime de la matière organique et de la fraction minérale des différents horizons du sol. Ces espèces, localisées sur toute la hauteur du profil, disposent d'une forte musculature leur permettant de s'adapter à des compacités de sol relativement élevées et de résister aux pressions anthropiques connues en sols cultivés (Bouché, 1977).



Photo 2. ver anécique (*Apporoctodea giardi*) (Source : <http://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/news.php>)

1.5.3. Les endogés

Sont de taille variable (1 à 20 cm) et creusent des galeries d'orientation quelconque (photo3). Ces vers nourrissent de la matière organique incorporée dans la matrice du sol et se déplacent donc beaucoup pour satisfaire leurs besoins alimentaires (Bouché, 1977). Précise cette classification en fonction de la richesse en matière organique du milieu où évolue le ver. Il distingue les oligohumiques, les polyhumiques et les mésohumiques (vivant dans des milieux respectivement pauvres, riches et moyennement riches en matière organique). Des empêses à mode d'action intermédiaire existent entre ces trois catégories (Lavelles, 1981).



Photo 3. ver endogé (*Pontoscolex corethrurus*) Source : (CAPOWIEZ , 2009).

1.6. Impacts des facteurs abiotiques sur les lombrics

1.6.1. Facteur hydrique

D'après (HERGER ,2003), si le sol engorge d'eau ou se dessèche périodiquement, les vers ne peuvent plus vivre. (BACHELIER,1978) montre que, les vers de terre absorbent continuellement par la peau de l'eau qu'ils rejettent ensuite par les néphridies et l'intestin. La quantité d'eau rejetée par les néphridies atteint à elle seule 60 % du poids du corps par jour, les vers de terre s'enfoncent dans le sol quand il se dessèche pour ne pas mourir, se roulent en

boule puis ils se déshydratent partiellement pouvant perdre jusqu'à la moitié de leur eau ; leur léthargie cesse avec le retour de l'eau et leur réimbibition. Dans des régions, la léthargie va jusqu'à la diapause avec création des cellules d'estivation, la para-diapause est une forme de léthargie déterminée par la déshydratation du milieu et ne modifiant que très faiblement la teneur en eau de l'animal. La diapause dépend d'une régulation interne, vraisemblablement d'origine endocrine. Elle se caractérise par l'arrêt de l'activité génitale, avec réduction des organes sexuels glandulaires et vacuité du tube digestif.

1.6.2. Facteurs édaphique

1.6.2.1. Température et humidité du sol

La température a une influence sur la rapidité de développement des vers de terre. Tandis que la production de cocons par les Lombrics devient quatre fois plus importante quand la température s'élève de 6 à 16°C (Evans et Guild, 1948). D'après (Bachelier, 1978), les conditions optimales de température se situent en général entre 10 et 20°C pour les espèces de régions tempérées et entre 20 et 30°C pour les zones tropicales. Mais peu d'espèces survivent à des températures inférieures à 0°C ou supérieures à 28°C (Lee, 1985 ; Curry, 1998).

Les vers de terre sont composés à 80-90 % d'eau lorsqu'ils sont pleinement hydratés (Lee, 1985, citée par Pelosi, 2008) et, même s'ils peuvent supporter des pertes en eau, ils restent très sensibles aux faibles humidités. Lorsque les conditions de température et d'humidité du sol deviennent défavorables, la survie, la fécondité et la croissance des lombriciens sont affectées (Lee, 1985).

La température, l'humidité du sol sont les facteurs clés qui régulent l'abondance et l'activité des vers en milieu naturel (Satchell, 1967 ; Hartensein et Amico, 1983 ; Sims et Gerard, 1999 ; citée par Pelosi, 2008) et les populations lombriciennes répondent relativement rapidement à des variations de ces facteurs du milieu.

1.6.2.2. Type de sol et pH

Les vers sont plus abondants dans les sols limoneux, argilo-limoneux et argilo-sableux que dans les sables, les graviers et les argiles. (Guild, 1948), Selon Razafindrakoto (2012), l'espèce *Dichogaster saliens* trouvé à Ambodimanga et Ankarafantsika s'abrite dans le sol est de type ferrallitique avec une texture très fine argileuse. Dans la zone d'Antsiranana, le sol est de type ferrallitique et très humide. Celle qui a trouvé à Antsirabe s'est dans le sol est de type ferrallitique argileux.

Les vers sont généralement absents dans des sols très acides (pH < 3.5) et sont peu nombreux dans les sols à pH < 4.5 (Curry, 1998). Il existe un pH optimal pour chaque espèce

(Edwards et Bohlen, 1996). La majorité des espèces de régions tempérées se trouvent dans des sols à pH compris entre 5.0 et 7.4 (Satchell, 1967).

1.6.2.3. La matière organique

Les populations lombriciennes se nourrissent de matière organique plus ou moins décomposée, à la surface ou dans le sol. La plupart des vers de terre ingère de la matière organique sous forme de matériau végétal vivant (racines, feuilles, graines), de plantes en décomposition (racines mortes, herbe tondue, feuilles fraîchement tombées au sol et litière de feuilles), de microorganismes et d'animaux microscopiques (larves de nématodes, acariens, collemboles), de fèces d'animaux surtout herbivores ainsi que de champignons, de bactéries et de levures (Sims et Gerard, 1999). Ils peuvent se nourrir d'une large variété de matériaux organiques et, même en mauvaises conditions, ils peuvent extraire suffisamment de nourriture de la matière organique et des microorganismes pour survivre.

La quantité, la qualité et la localisation des matières organiques sont des facteurs importants pour les vers et dépendent surtout, dans les parcelles agricoles, de l'espèce cultivée. Lofs-Holmin (1983) a rapporté que la qualité et la quantité de résidus de culture retournés dans le sol sont essentielles pour le développement et la croissance des vers de terre. L'effet négatif d'une diminution de la ressource trophique est souvent rapportée dans la bibliographie (Edwards et Lofty, 1977 ; Lee, 1985 ; Pérès *et al.*, 1998 ; Mele et Carter, 1999). Par ailleurs, de nombreuses études ont montré une corrélation positive entre la densité et/ou la biomasse de vers de terre et la teneur en matière organique du sol (El-Duweini et Ghabbour, 1965 ; Hendrix *et al.*, 1992). De plus, Boström et Lofs-Holmin (1986) ont démontré que la croissance d'*A. caliginosa* dépendait non seulement du type de nourriture disponible mais également de la taille des particules ingérées.

Les vers de terre ont des préférences alimentaires puisque Guild (1955) a montré que la plupart des vers préféraient le fumier ou les herbes grasses aux feuilles des arbres et que les aiguilles de pin étaient ce qu'ils « aimaient » le moins. Mangold (1951) a montré que certaines espèces de végétaux avaient des feuilles riches en substances nocives ou repoussantes pour les vers. Le rapport C/N est une mesure de la qualité de la matière organique en tant que source d'énergie. Bouché (1972) distinguent 49 espèces pour lesquelles le C/N optimal pour la croissance est inférieur à 13 et 18 espèces ayant un C/N optimal supérieur ou égal à cette valeur. Phillipson *et al.* (1976) expliquent qu' *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*, *Lumbricus terrestris* et *Lumbricus castaneus* occupent des sols ayant un rapport C:N inférieur à 8.

1.6.2.4. Salinité

La sensibilité des vers de terre est variée selon l'espèce et le type de sel. Selon BACHELIER (1978), il y a des espèces euryhalines mais les vers fouisseurs se rencontrent rarement où la salinité de la solution du sol excède 0,4 %. Et d'après CHAOUI (2010), L'ammonium est le principal facteur de salinité. Les vers de Terre sont repoussés par une salinité supérieure à 5 mg/g. Par conséquent, si la matière première est pauvre en sel, le fumier des vers (lombricompost) le sera aussi.

1.6.2.5. Texture

HERGER (2003), enregistre que les vers de terre préfèrent les sols argileux qui sont brassés avec la matière organique et les excréments d'autres animaux du sol dans le tube digestif des vers de terre. Selon BACHELIER (1978), les vers sont plus abondants dans les sols limoneux, argilo-limoneux et argilo-sableux que dans les sables, les graviers et les argiles.

1.6.2.6. Calcium

D'après les études biologiques, l'exigence des vers de terre en calcium sont en fonction d'espèce. De nombreux vers de terre ont aussi besoin de calcium pour leurs glandes de Morren, qui sécrètent du carbonate de calcium sous forme de petites concrétions de calcite expulsées dans le tube digestif (BACHELIER, 1978).

1.7. Respiration

Les vers de terre ont une respiration cutanée qui n'est possible que si leur peau est maintenue humide (BACHELIER, 1978 ; HERGER, 2003). Les gaz respiratoires sont échangés à travers les vaisseaux sanguins qui se trouvent sous leurs peaux. Ils respirent d'oxygène dissous dans l'eau (HERGER, 2003), et leur respiration croît avec la température (BACHELIER, 1978).

Dans les cas extrêmes, les vers de terre perdent de l'eau par évaporation, la diurèse et la production de mucus, qui peuvent aller jusqu'à 70% de poids corporel sans avoir été endommagés (HERGER, 2003).

1.8. Alimentation

Les vers de terre se nourrissent essentiellement de matériel végétal mort. Ils pâturent pendant la nuit le "gazon d'algue" produit pendant le jour à la surface du sol et tirent des débris végétaux morts dans leur galeries ou des microorganismes les "prédigèrent" en deux à quatre semaines. Les vers de terre n'ont pas de dents et ne peuvent donc pas mordre dans les racines des plantes. Le lombric, par exemple, s'empare de matières végétales incorporées

superficiellement ou laissées à la surface du sol. Une alimentation riche est décisive pour le développement et la multiplication des vers de terre (Piffner, 2013).

1.9. Le rôle écologique des vers de terre

Les vers de terre remplissent des fonctions écologiques uniques dans le sol. Les grandes galeries permettent à l'eau de pluie de pénétrer facilement dans les sols en augmentant leur taux d'infiltration. L'accélération de l'infiltration de l'eau limite le ruissellement et l'érosion et permet à l'eau de pénétrer dans la rhizosphère où elle peut être utilisée par les végétaux. Ces galeries permettent également aux racines de se développer facilement dans le sol et d'explorer de nouveaux espaces. Le sol travaillé par les vers de terre possède une structure granulaire stable (agrégat) moins sensible à l'érosion éolienne (Gates, 1972).

Les lombriciens sont considérés comme très importants dans le recyclage de la matière organique du sol. Certaines espèces se chargent d'enterrer les résidus organiques superficiels, alors que d'autres participent activement à leur décomposition en rendant d'importants éléments nutritifs accessibles à d'autres organismes vivants du sol, comme les végétaux (Gates, 1972).

Il faut rappeler qu'ils se nourrissent surtout de matière organique (matière végétale morte et, dans certains cas, déjections animales) à divers stades de décomposition. Les dernières recherches de Gutiérrez et al. (2006) révèlent que les lombriciens ne sont pas prédateurs des acariens ou microarthropodes. D'après Dash (1986), chaque espèce de ver de terre a son propre substrat alimentaire. Brown et Doube, (2004) suggère que les vers de terre peuvent choisir différents groupes d'organismes du sol dans le cadre de leur régime alimentaire.

Les lombriciens comportent aussi certains aspects négatifs. En effet, dans certaines régions, des espèces introduites ont fait concurrence aux vers de terre indigènes. Or, cette concurrence limite d'autant les chances des espèces indigènes de se développer et même de survivre, car ces dernières vivent fréquemment dans de petites zones isolées. Dans les sols d'origine calcaire, l'espèce anecique *Lumbricus terrestris* fabrique des tertres en "béton". En effet, leur fouissement expose en surface les couches dures du sous-sol aux cycles de déshydratation et d'hydratation qui rendent ce matériau très dur et difficile à utiliser pour les potagers, les terrains de golf et les pelouses (Blakemore, 1994).

1.10. Importance et caractéristique des vers de terre

Les vers de terre font probablement partie des organismes terrestres les plus anciens. En termes de biomasse, ils dominent la macrofaune du sol dans la plupart des écosystèmes terrestres (Girard et al, 2005). En tant qu'ingénieur de l'écosystème, au sens décrit par Jones

et al. (1994) et ils modifient directement ou indirectement la disponibilité des ressources pour d'autres organismes de la biocénose. Ils ont un rôle important au sein des agrosystèmes car ils participent à la dynamique physique, chimique et biologique du sol, à travers trois principales fonctions (Pelosi, 2008). La création de galeries, la formation des turricules sont caractéristique formé par les vers surtout chez les endogés et les anéciques.

1.10.1. Création des galeries

A cause de la forte contribution aux taux de renouvellement du sol, les vers de terre sont d'importance spéciale pour le cycle des nutriments, la structure du sol et les processus de transfert de matières (Buck et al., 1999). Les vers de terre créent des structures qui favorisent, dans le sol, une nette amélioration de la porosité, de l'aération, du régime hydrique et de la stabilité structurale en forant un réseau permanent plus ou moins profond. Le réseau de galeries sera différent selon la catégorie écologique des lombriciens. Les galeries vont former des voies de pénétration préférentielles pour les racines.

1.10.2. Drilosphère

Le système drilosphère qui est la zone du sol influencée par les vers de terre tandis que la fraction de la terre qui est passée par le tube digestif des vers de terre et qui constitue la paroi des galeries, d'où ensemble du volume de terre sous l'influence des vers de terre, (Brown et al., 2000).

1.10.3. Formation des turricules

On appelle turricules les rejets présents à la surface du sol et déjections ceux qui sont déposées sur les parois des galeries. La taille des turricules varie de quelques millimètres à quelques centimètres et dépend de celle des espèces (Darwin, 1881). Les turricules remontées à la surface par les vers de terre représentent un poids de 40 à 120 tonnes par an et ont une valeur fertilisante considérable. De plus, même si les vers de terre n'augmentent pas les quantités d'éléments nutritifs, ils les rendent plus assimilables tout en stabilisant le pH (Manfred, 2008). Cependant, la production et l'abondance des turricules de vers de terre apparaissent très variables en fonction du milieu des espèces de vers présentes ainsi que du couvert végétal. La disparition des turricules est de 70% en saison des pluies, et de 20% en période sèche. Les turricules sont donc intégrés plus lentement à la matrice du sol en période sèche (Binet et Le Bayon, 1999 ; citée par Huynh, 2009).

1.10.4. Importance économique

Le ver de terre joue un rôle économique dans différents pays où il est exploité pour des besoins divers. Aux Philippines et en Inde, pour réduire leurs charges d'exploitations, les producteurs agricoles utilisent le vermicompost pour baisser les coûts de la fertilisation. Dans

ces pays, le fumier d'élevage, utilisé comme substrat pour le vermicompostage, est devenu un produit commercial assez onéreux pour les agriculteurs (FAO, 2004). Et le surplus de vers de terre produit est vendu à d'autres agriculteurs comme source d'aliment pour l'aviculture, la pisciculture ou pour ensemercer d'autres lombricompostages (Misra et al., 2005), ce qui est une source supplémentaire d'entrée de devises pour l'exploitation. Adorada (2007) a montré que des paysans philippins ont pu générer des bénéfices relativement importants avec la commercialisation des vers de terre et du vermicompost.

Les vers de terre sont aussi utilisés par les pêcheurs, les éleveurs débutants, les laboratoires expérimentaux (Dominguez & Edwards, 2010). Au Canada, l'utilisation des vers de terre pour la pêche sportive a permis de générer des revenus annuels de près de 10 à 12 millions USD pour l'industrie de la lombriculture (Dominguez & Edwards, 2010). *Eudrilus eugeniae* est l'un des vers de terre dont l'importance économique est reconnue (Loongyai et al., 2011). Sa valeur économique a pris de l'importance avec son utilisation comme appât pour la pêche sportive (Moraes et al., 2012).

1.10.5. Importance agronomique

Les vers de terre participent fortement à la fertilité des sols et à la croissance des plantes à travers les turricules qu'ils produisent (Hatti et al., 2012). Le passage de la matière organique à travers le tractus digestif du ver de terre améliore la composition microbienne et la teneur en élément minéraux du lombricompost (Lemtiri et al., 2014 ; Coulibaly et al., 2016).

La lombriculture au sud Vietnam est devenue une activité prospère chez les paysans qui valorisent ainsi les vers de terre pour la fertilisation des terres agricoles (Francis et al., 2003). Cette pratique pourrait être étendue dans d'autres pays tropicaux où les problèmes de fertilité des sols et la gestion des déchets organiques se posent.

1.12. Dynamique de la population des vers de terre

Ils varient suivant la condition du milieu et en fonction de l'espèce abritée aussi. Les densités de vers de terre se situent généralement entre 50 et 400 vers par m², excédant parfois les 1 000 vers par m² (Lee, 1985). La biomasse vivante de vers de terre se situe entre 30 et 100 g/ m² (Lavelle et Spain, 2001 ; citée par Pelosi, 2008) mais peut dépasser 300 g/ m² (Lee, 1985). En milieu de culture, la densité et la biomasse de vers de terre sont généralement très variables et la taille des populations est intermédiaire entre celle trouvée dans les habitats les plus stériles, trop acides, trop secs ou trop froids, et celle des prairies naturelles, qui abritent en général un très grand nombre de vers de terre (Edwards et Bohlen, 1996).

La population de vers de terre varie selon la région, mais aussi selon les pratiques agricoles adoptées. Elle dépend d'abord de l'abondance de nourriture et ensuite de l'endroit où celle-ci se trouve. Plus les résidus sont enfouis, moins ils sont disponibles pour les vers de terre (Menard, 2005).

En théorie, l'ensemble des techniques culturales comme la nature des espèces cultivées peuvent jouer sur le niveau des populations de vers de terre et leur diversité spécifique. Le travail du sol, l'application de produits phytosanitaires ainsi que le tassement affectent négativement les communautés lombriciennes alors que la fertilisation, le chaulage et l'irrigation leur sont généralement favorables (Pelosi, 2008).

2. Généralité sur les barrages

Les ressources en eaux de surface et souterraines sont l'une des richesses capitales et principales du pays. L'eau reste une ressource limitée et vulnérable qui est indispensable à la vie, au développement et à l'environnement. Sa protection et sa bonne gestion sont donc une nécessité (Affoun,2006).

2.2. Le cycle hydrologique

L'eau est la source principale et originelle de toute vie et elle se retrouve dans l'atmosphère terrestre sous forme :

- Solide : neige, glace et grêle.
- Liquide : eau chimiquement pure ou chargée en solutés.
- Gazeux : à différents degrés de pression et de saturation.

La pression, la température, et le degré de pollution de l'atmosphère sont essentiellement les facteurs principes qui ont un effet sur le changement de la phase de l'eau.

Les eaux sont en constante circulation sur la terre et subissent des changements d'état, on soulignera que l'eau est le seul et unique élément qui existe sous ces trois états dans les conditions que l'on rencontre à la surface de la Terre. L'importance de ces modifications fait de l'eau le principal agent de transport d'éléments physiques, chimiques et biologiques. L'ensemble des processus de transformation et de transfert de l'eau forme le cycle hydrologique.

Le cycle hydrologique est un concept qui englobe les phénomènes du mouvement et du renouvellement des eaux sur la terre. Cette définition implique que les mécanismes régissant le cycle hydrologique ne surviennent pas seulement les uns à la suite des autres, mais sont aussi concomitants (Aidouli,2012).

2.3. Les barrages autrefois

Les premiers barrages importants sont nés avec les premières civilisations de l'Antiquité, en Particulier dans la vallée du Nil, en Mésopotamie, en Chine et en Asie du Sud. Ce sont certainement les traces de ces anciennes civilisations que les archéologues retrouvent le plus facilement. Les plus vieux vestiges connus proviennent du barrage de Sadd-el Kafara réalisé en Egypte entre 2950 et 2750 avant J-C. Cet ouvrage, d'une hauteur de 14 m et d'une longueur de 113 m au couronnement, avait été conçu avec une partie centrale comprenant des matériaux meubles remblayés (sable silteux et graveleux) et deux recharges en enrochements. Pendant de nombreux siècles, les hommes se sont fondés sur l'empirisme, mais ils ont fait preuve d'une grande maîtrise pour construire des ouvrages de retenue. Un barrage, comme

celui de Mala'a dans la vallée du Nil, a pu être exploité pendant des millénaires. Ce barrage se caractérise par un parement amont en maçonnerie renforcé par des contreforts à l'aval. Parmi les ouvrages marquants anciens figure le barrage de Marib au Yémen qui fut édifié dans le royaume légendaire de Saba dès le VIII^e siècle avant notre ère et ne fut définitivement détruit qu'en l'an 572 de notre ère lors d'une crue exceptionnelle, soit après 1300 ans de service. Le Yémen a reconstruit en amont en 1986 un nouveau barrage en remblai de 40 m de haut permettant de stocker 389 millions de m³ (Touaibia et al,2017).

2.4. Les barrages aujourd'hui

Selon la publication de CIGB des barrages et de l'eau dans le monde (2007), on estime à plus de 50 000 le nombre de grands barrages en service (critères : $H > 15\text{m}$; $10\text{m} < H < 15\text{m}$ et volume de retenue supérieur à 3 millions de m³). Il faut noter que leur répartition géographique est très irrégulière.

Près de 50% de tous les barrages de plus de 15 m de hauteur se trouvent en Chine. Un tiers se trouve dans le pays industrialisé d'Europe, d'Amérique du Nord et au Japon alors que le reste du monde, principalement les pays en développement, se partage les 15% restants. Ces derniers pays, tel que le Brésil, avec leur démographie en expansion et leur besoin de plus en plus importants en irrigation et en ouvrages de protection, présentent aujourd'hui un potentiel gigantesque.

Toujours selon les statistiques de la CIGB, 92% du parc mondial des grands barrages ont une hauteur inférieure à 60m, 62% moins de 30m de hauteur et seulement 2% plus de 100m de hauteur. Aujourd'hui, la construction de grands barrages fait l'objet d'efforts très importants de la part de certains pays. Les pays avec la plus grande activité de constructions de barrages sont la Chine, l'Iran, la Turquie et le Japon (Touaibia et al,2017).

2.5. Le bassin versant

Le bassin versant, appelé aussi bassin de drainage d'un oued, en un point donné de son cours, est l'aire limitée par le contour à l'intérieur duquel l'eau précipitée se dirige vers ce point de l'oued appelé exutoire (fig. 5). L'exutoire d'un bassin est le point le plus en aval du réseau hydrographique par lequel passent toutes les eaux de ruissellement drainées par le bassin. La ligne de crête d'un bassin versant est la ligne de partage des eaux. La ligne ainsi définie, limite les bassins versants topographiques adjacents (Aidouli,2012).

Le bassin versant a un objectif de collecteur; il recueille les pluies et les transforme en écoulement à l'exutoire. Cette transformation est fonction des conditions climatiques et des caractéristiques physiques du bassin versant. Ces caractéristiques sont:

- morphologique: forme, relief, réseau de drainage,

- superficielles: nature de sol et couverture végétale

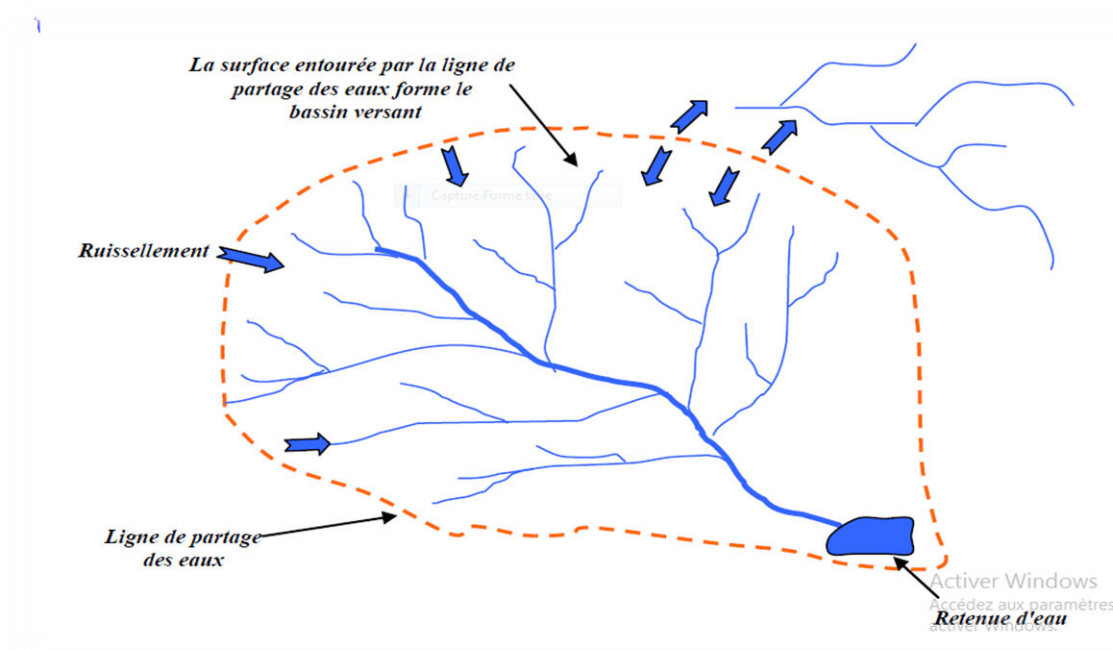


Figure 5. Schématisation d'un bassin versant (Aidouli, 2012).

2.6. Rôle et Fonctionnement d'un barrage

La première fonction du barrage, elle est de retenir une importante quantité d'eau durant les périodes humides et la restituer durant les périodes sèches. Un barrage est un ouvrage d'art construit en travers d'un cours d'eau et destiné à réguler le débit du cours d'eau et/ou à en stocker l'eau pour différents usages tels que : contrôle des crues, irrigation, industries, hydroélectricité, pisciculture, réserve d'eau potable (Chader, 2016).

2.7. Les retenues des eaux "les barrages"

Un barrage n'est pas un simple mur plus ou moins solide. L'ouvrage vit, travaille et se fatigue en fonction des efforts auxquels il est soumis. Un barrage est un ouvrage d'art construit en travers d'un cours d'eau et destiné à réguler l'écoulement naturel de l'eau pour permettre à l'écoulement recherché.

On dit que le barrage fluvial par exemple permet la régulation du débit d'une rivière ou d'un fleuve (favorisant ainsi le trafic fluvial), a pour but l'alimentation en eau des villes, l'irrigation des cultures, et aussi pour développer le tourisme et les loisirs, etc Le principe est de construire un barrage sur une rivière à fort débit. La zone en amont de la rivière se retrouve ainsi inondée et la zone en aval par conséquent voit son niveau d'eau s'abaisser.

La réalisation d'une construction de qualité comme un barrage nécessite la mise en place de points de contrôle pendant sa construction, à la fin de sa réalisation, et durant toute sa durée de vie (Aidouli,2012). L'épineux problème de l'envasement revêt une ampleur particulière dans les régions méditerranéennes, affectées d'une érosion très active (Mebarki, 2009).

2.8. Les éléments du bilan hydrologique

Le calcul des termes du bilan hydrologique (précipitations, apport, évaporation) relatif à la période pluriannuelle considérée, permet d'établir des comparaisons spatiales entre les années observées. Les fortes nuances spatiales des bilans trouvent leur explication dans la variété des contextes hydrologiques et l'influence relative de chacun des facteurs conditionnels.

Afin d'étudier l'hydrologie d'un bassin versant il est importante de connaître les volumes d'eau qui entrent en jeu sur un bassin versant et qui ressortent aux exurgences. Ceux-ci sont la base d'un bilan hydrologique, sur une année par exemple, qui caractérisera le fonctionnement d'un réseau hydrographique (Aidouli,2012).

En peut utiliser une autre présentation de l'équation du bilan hydrologique sous forme de:

$$\Delta V = \text{Entrées} - \text{Sorties}$$

2.8.1. Les entrées

2.8.1.1. Les apports d'eau

Les apports et le comportement hydrologique des cours d'eau sont la résultante de l'interaction complexe des facteurs climatiques et physiographiques dont le caractère de disparité spatiale, dans l'Est algérien, est nettement marqué.

Le volume d'eau est la quantité d'eau de ruissellement en surface provenant de l'eau des précipitations ou de l'accumulation annuelle de neige. Le débit englobe les processus hydrologiques (par exemple, interception, infiltration et évapotranspiration), l'état du stockage d'eau (par exemple, lacs, aquifères, accumulation annuelle de neige) dans un bassin hydrographique et dépend de variables climatiques (comme la température) et physiographique (la topographie).

L'apport en eau s'appuie sur le débit non régularisé en ce sens que seules les mesures démontrant le débit naturel (c'est-à-dire, non endigué ou détourné) sont utilisées dans son calcul. Le débit est utilisé exclusivement pour estimer l'apport en eau parce qu'il peut être mesuré avec un niveau de précision connu, comparativement à d'autres parties du cycle de l'eau, telles que les précipitations et l'évapotranspiration, qui peuvent présenter des taux d'incertitude plus élevés.

Les apports à un lac varient généralement suivant les saisons. Ces mouvements saisonniers sont principalement dus aux variations saisonnières du climat. La présence de plans d'eau influence fortement le comportement hydrologique d'un bassin versant, notamment par leur capacité de stockage qui a pour effet de laminer les crues (Musy, 2003).

2.8.1.1.1. Les Précipitations

Les précipitations constituent un phénomène qui décrit le transfert de l'eau, dans une phase liquide (pluie) ou solide (neige, grêle), entre l'atmosphère et le sol. Au-dessus des continents, les précipitations représentent l'élément le plus important du cycle hydrologique, leur volume étant supérieure a celui des autres composantes. D'après le principe de conservation de la masse et en considérant l'échelle de la planète pendant une période de temps suffisamment longue, les précipitations sont égales à l'évaporation.

La mesure de la pluviométrie et des volumes d'eau précipités sur une aire donnée est difficile à réaliser. En effet, l'irrégularité des précipitations aussi bien temporelle que spatiale rend l'instrumentation considérable et très coûteuse (Aidouli,2012).

2.8.2. Les sorties

Un calcul de bilan hydrique nécessite la prise en compte de l'eau perdue naturellement, par évaporation ou par évapotranspiration, et par ruissellement et aussi les eaux destiné au besoin.

En plus de la faible quantité d'eau reçue par nos barrages à cause de la sécheresse qui a touchée le pays depuis une vingtaine d'année, cette quantité se trouve menacée par trois problèmes hydrauliques majeurs qui sont l'évaporation intense, l'envasement accéléré et les fuites d'eau surtout à travers les appuis (Toumi et Remini 2002).

2.8.2.1. L'irrigation

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production, et permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides.

Selon le glossaire international d'hydrologie, l'irrigation c'est un apport artificiel d'eau sur des terres à des fins agricoles (Aidouli,2012).

2.8.2.2. L'Evaporation

L'évaporation est la transformation d'eau en vapeur d'eau, et un processus physique de transfert d'eau vers l'atmosphère qui affecte toutes les masses d'eau présentes sur terre. Considérons le cas spécifique de la surface libre d'un lac ou d'un réservoir. Le taux d'évaporation s'exprime généralement en mm/jour, mm/mois ou mm/an (Anctil, 2005).

- L'évapotranspiration représente l'eau « évaporée » par la végétation, qui naturellement absorbe une partie importante des eaux météoriques. D'une manière générale, l'évapotranspiration annuelle est supérieure aux précipitations dans les zones de plaines et inférieure sur les reliefs, plus forte en période printanière et estivale qu'en période automnale ou hivernale.

L'évaporation et l'évapotranspiration dépendent des composants de l'air (humidité, température, pression...) mais également de l'insolation et de la vitesse du vent (Baudouin, 2009).

2.8.2.3. Le déversement du barrage

La majorité des ouvrages hydrauliques sont équipés de seuil "évacuateur de crues" ou "déversoirs" qui permettent d'évacuer des débits importants lorsque le niveau de la retenue est élevé. Le dimensionnement de ces seuils est fondamental pour la sécurité des ouvrages, car il permet d'éviter que le niveau n'atteigne des cotes pour lesquelles la sécurité de l'ouvrage ne serait plus assurée. La réglementation définit les périodes de retour de crue face auxquelles doivent résister les ouvrages selon leur taille et leur utilisation.

Les seuils de déversoirs peuvent être soit « libres », soit « vannés » (Aidouli,2012).

1. Présentation de la zone d'étude

- Le barrage de Cheffia (El Tarf)

Le barrage de cheffia est situé au nord Est Algérien dans la commune de Cheffia wilaya d'El Tarf. est un barrage en terre mis en service en 1965, situé sur l'oued Bou Namoussa. Sa hauteur maximale est de 55 m sur fond de fouilles. L'évacuateur de crue est constitué par une tour déversant, équipée d'une vanne cylindrique, prolongée par une galerie sous remblai et un bassin de dissipation à ressaut.

Le bassin de l'oued Bounamoussa : L'oued Bounamoussa est situé à l'extrême Est de l'Algérie, alimente par les sources des monts de la Cheffia. Les Monts de la Cheffia constituent une deuxième barrière topographique, d'orientation SW -NE où l'altitude varie entre 996m à Bled Djemaat El Guerfi (Forêt de l'Oued Soudan), en allant vers le NE et 808 m à Djebel Souani, 659m à Djebel Oum Ali et 463m à Ras El Ourda. (Chader, 2016).

Elle est limitée :

- Au Nord par les communes de Cheffia et Asfour.
- A l'Ouest par la commune d'Asfour.
- Au Sud par les communes de Hammam Béni Salah et Bouhadjar.
- A l'Est par la commune de Cheffia .

- **Les coordonnées géographiques :**

Longitude Est : 8°03'

Latitude Nord : 36°61'

Altitude : 337m

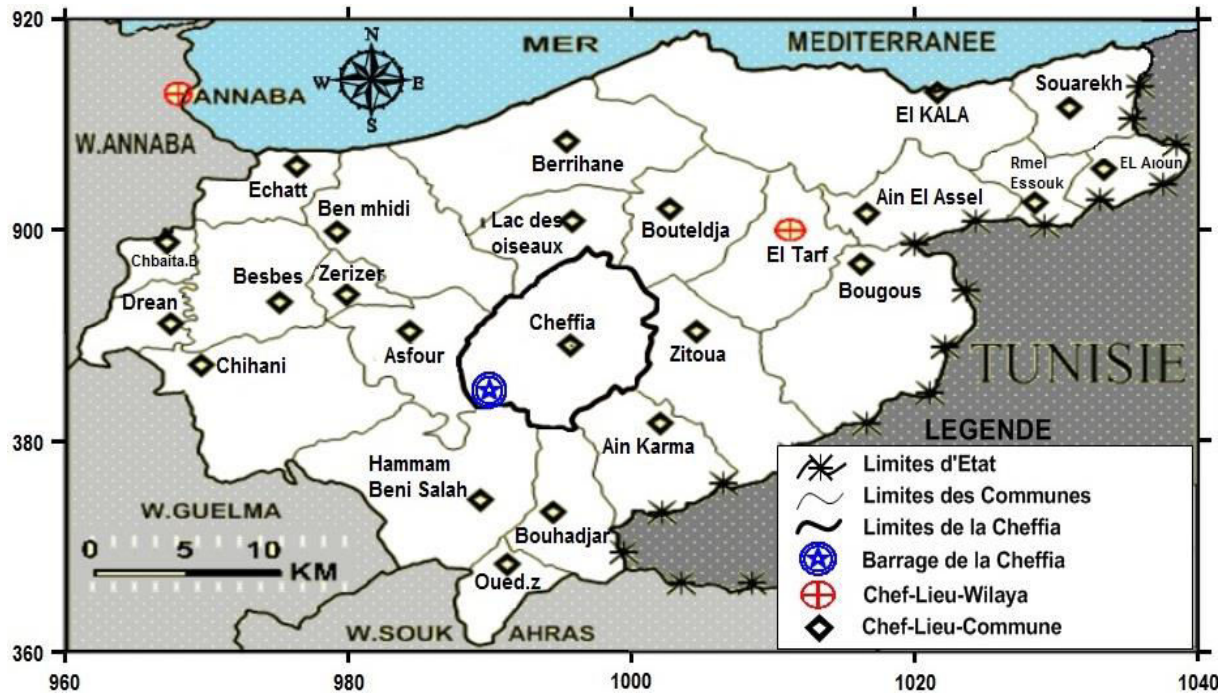


Figure 6. Situation géographique du barrage de Cheffia (Derraji, 2016).



Figure 7. Localisation du barrage de Cheffia.

1.2. Caractéristiques du barrage de Cheffia

Le barrage de Cheffia d'un volume d'eau régularisable de 95hm³, approvisionne le périmètre de la Bounamoussa en eau agricole en été, le complexe sidérurgique d'El- Hadjar ainsi que la ville d'Annaba et de Bouhadjar en AEP.

La digue est en terre compactée (Tableau 2) avec masque amont d'étanchéité en argile et une recharge amont en alluvions. Le volume total des remblais est de 1,3million de m³.

Tableau 2 .Caractéristiques de la digue du barrage.

Côte de la crête	169,00m
Largeur en crête	10,00m
Largeur à la base	214,00m
Longueur en crête	650,00m
Côte des crêtes des batardeaux amont et avale	133,00m
Hauteur maximum	51,00 m
Niveau le plus bas	119,00m

Le barrage de la Cheffia se trouve confronté à peu de problèmes de gestion d'eau par rapport à d'autres barrages. Les besoins en eau agricole n'ont jamais été satisfaits à 100%, ce qui justifie une défaillance dans la répartition et la distribution. On remarque une défaillance dans la gestion pour les raisons suivantes :

- Une défaillance liée à la concurrence entre les 03 secteurs.
- Une défaillance due au système de culture ; les cultures pratiquées sur le périmètre de la Bounamoussa demandent beaucoup d'eau.

La priorité est donnée au secteur industriel et l'AEP (villes d'Annaba et de Bouhadjar), et enfin au secteur de l'agriculture. L'existence du barrage de la Cheffia, et son implantation dans la région de Cheffia a beaucoup servi les besoins en eau de trois importants secteurs : une grande ville, celle d'Annaba, un secteur industriel celui du complexe sidérurgique d'El – Hadjar et enfin un secteur agricole, le périmètre d'irrigation de la Bounamoussa sur une superficie de 16500 ha (Derraji, 2016).

Les eaux du barrage sont en générale de bonne qualité pour l'alimentation en eau potable, industrielle et irrigation (Tableau 3).

Tableau 3. Qualité d'eau du barrage de Cheffia du mois de Décembre 2015 et Février 2016 (administration du barrage).

Usage	Capacité (Hm ³)	volume (Hm ³)	pH	RS (mg/l)	O2d (%)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	NH4 (mg/l)	PO4 (mg/l)	DBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)	MO (mg/l)
AEP-IRR-AEI	158.830	86.207	7.62	260	109.81	0	0.048	0.000	0.040	3	24	3.2

Usage	Capacité (Hm ³)	volume (Hm ³)	pH	RS (mg/l)	O2d (%)	NO3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	NH4 (mg/l)	PO4 (mg/l)	DBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)	MO (mg/l)
AEP-IRR-AEI	158.830	86.207	7.62	260	109.81	0	0.048	0.000	0.040	3	24	3.2

L'étude sur la qualité des eaux du barrage réalisé par Derraji (2016) à montre que :

-Le faciès chimique dominant des eaux sont le chloruré - calcique et chloruré – sodique. Les eaux du barrage sont de bonne qualité pour l'irrigation.

-L'évolution des paramètres physico-chimiques et organoleptiques est influencée par deux phénomènes naturels : les précipitations et la géologie.

-Les fortes concentrations en minéraux sont marquées pendant les mois Janvier et octobre et les faibles concentrations pendant mai et avril.

La présence des polluants organiques dans les eaux du barrage est dans les normes .

1.2.1. Contexte climatique

A partir de la courbe pluvio-thermique de la station de Cheffia (fig.8), on distingue une saison sèche s'étant de début de mai au septembre et une saison humide allant de la fin de septembre à mai (Derraji,2016).

Les mois les plus secs sont les mois de Juin-Juillet-Aout ; les mois les plus humides sont les mois de Novembre-Décembre-Janvier-Février.

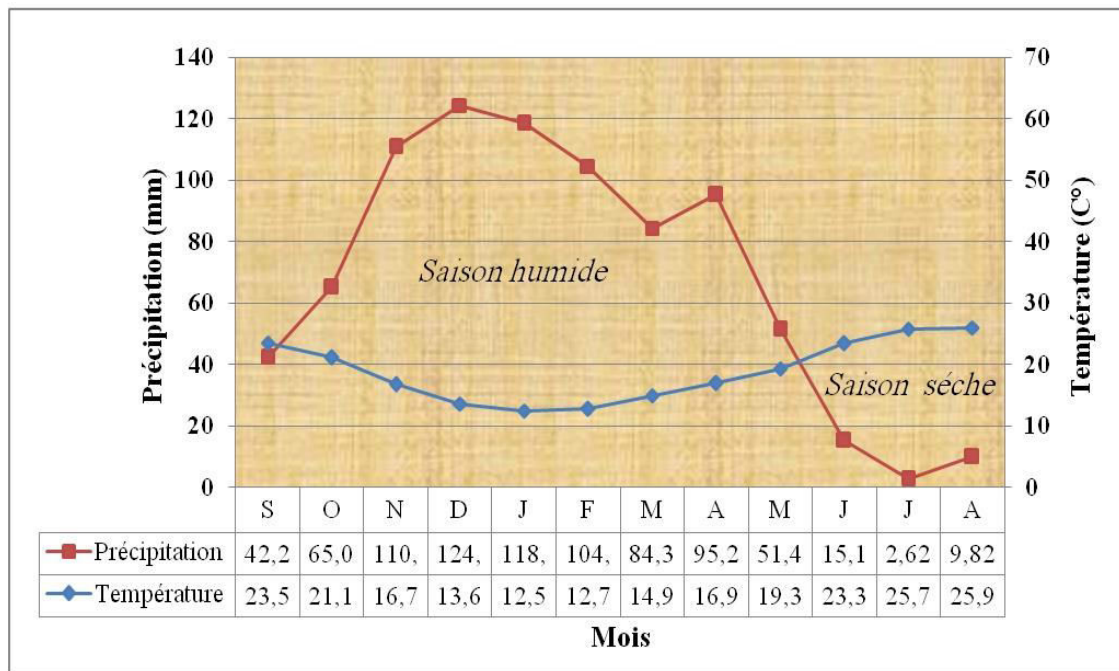


Figure 8. Diagramme pluviothermique de la station de Cheffia (1976-2015).

Le bassin versant est exposé à un climat méditerranéen humide et doux caractérisé par des hivers pluvieux et froids et des étés secs et chauds.

La pluviométrie moyenne annuelle varie de 644 mm à 932 mm, janvier est le mois le plus pluvieux avec une pluviométrie moyenne interannuelle de 680 mm enregistrée entre 1970/1971 et 2011/2012. Les variations thermiques soulignent que Janvier et Février sont les mois les plus froids avec des températures moyennes d'environ 8 C°. Tendis que les mois les plus chauds sont Juillet et Aout avec des températures moyennes d'environ 29,7 C° (Bouhadeb et al,2018).

1.2.3. Contexte pédologique

Le bassin versant de Bou Namoussa est dominé par des sols podzoliques (fig.9). Cinq classes de sols ont été distinguées, le sol podzolique sous les forêts de chêne liège, situé sur des reliefs dont les altitudes sont comprises entre 800 et 1405 m, il se forme sur les grés de la Numidie, sur leurs éboulis, sur leur écran, sur les lits de grés de la partie supérieure des argiles Numide à sol superficiels légers et perméable, dans des formations de gravier quaternaire, dans du sable et dans du limon. Dépôts alluviaux à profil aderné, de formation alluviales quaternaires continentales, terrasses, dépôts dans lesquels la végétation est encore herbacée ; des vertisols à forte teneur en argile situé sur les reliefs inférieurs à 800 m et occupant 20% du bassin versant ; rendzine d'un horizon humifère directement fixé sur le substrat rocheux carbonaté (Bouhadeb et al., 2018).

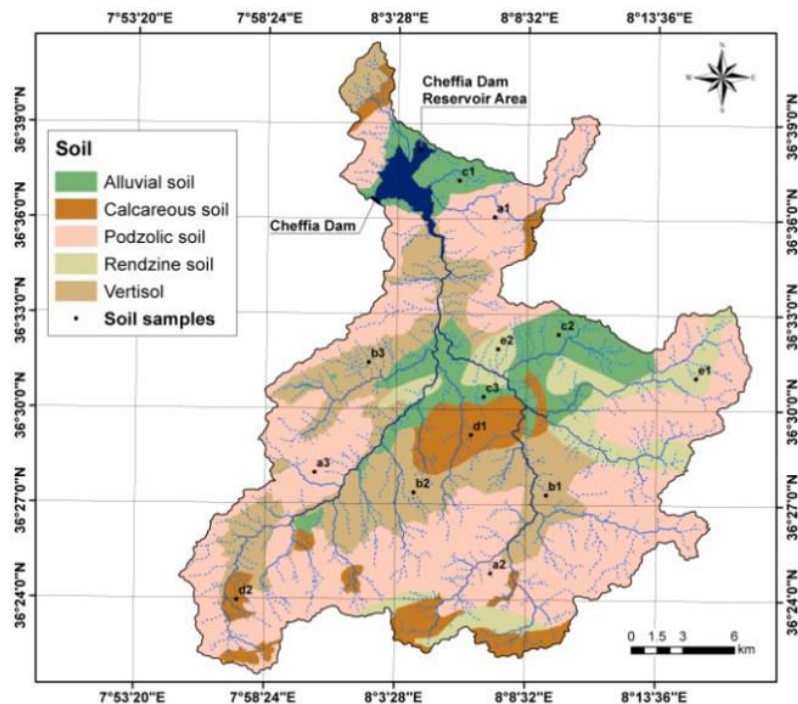


Figure 9. Carte des sols de la zone d'étude, propre élaboration basée sur la carte des sols de l'Algérie. [DURAND, BARBUT 1948].

1.2.4. Occupation du sol

Le bassin versant de Bounamoussa se caractérise par la diversité de sa végétation naturelle :

- Plus de la moitié du bassin (52%) est occupée par des végétations forestières constituées principalement de chêne liège et de chêne zeen, qui sont principalement localisées dans la partie supérieure et médiane du bassin versant (fig.10) ;
- Les cultures annuelles dominées par les céréales, représentent 19.30% de la superficie totale, dispersées principalement au centre du bassin versant ;
- Alors les parcours occupent environ 15.06% de la superficie totale ;

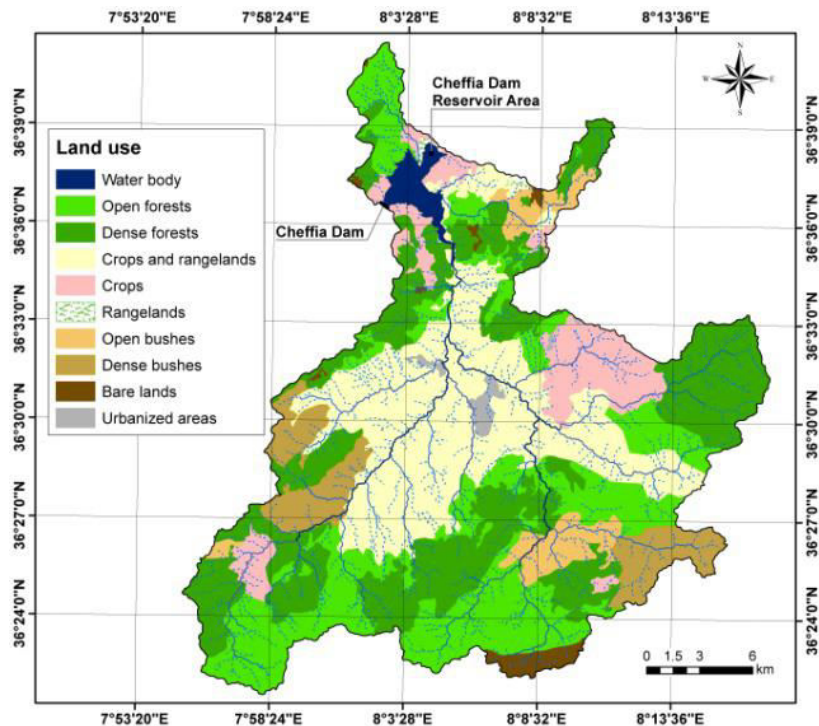


Figure 10. Carte d'utilisation des terres de la zone d'étude (barrage de Cheffia). (Source: own elaboration).

- Les buissons représentent un pourcentage de 10.60% du bassin versant, ces buissons indiquent le stade relativement avancé de la dégradation des forêts ;
- Le reste, 3.09 du bassin versant est occupé par des terres nues et des zones urbanisées.

2. Condition du marnage

2.1. Évolution de bilan hydrique et fonctionnement du plan d'eau

2.1.1.Évolution mensuelle et saisonnière des apports d'eau

Les paramètres à joint (Tableau 5 à 12), sont nécessaire pour le calcul des bilans hydriques du barrage. Ce bilan prenant de suivre la fluctuation des niveaux des eaux du barrage aussi bien à l'échelle mensuelle que saisonniers. Ce sont des données permettant d'évaluer de marnage des eaux et de localiser les zones.

Tableau 5. Evolution mensuelle des apports d'eau.

année mois	Apports d'eau			
	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020
Septembre	41	4.8	11.3	49
Octobre	44.6	23.4	174.8	64.5
Novembre	60	188.3	50.5	78.8
Décembre	25.1	82.5	89	78.1
Janvier	129	14.9	219.1	45.8
février	108.9	106.6	69.1	3.1
Mars	6.6	97.7	88.8	70.1
Avril	52.7	10.1	20.2	34.5
Mai	0	59.7	44.2	24
Juin	31	1.1	0	/
Juillet	0	0	0	/
Aout	0	46	0	/

Tableau 6. Evolution saisonnière des apports d'eau.

Année	Apports d'eau
2016/2017	498.9
2017/2018	635.1
2018/2019	767
2019/2020	447.9

2.2. Évolution mensuelle et saisonnière des prélèvements

Tableau 7. Évolution mensuelle et saisonnière de prélèvement 2019/2020.

Mois	AEP	IND	IRR	PERTES
Septembre	0.496	0	0.599	0
Octobre	0.496	0.775	/	3.826
Novembre	0.480	0.750	/	3.596
Décembre	0.496	0.775	/	2.397
Janvier	0.496	0.700	/	3.149
Février	0.464	0.372	/	4.876
Mars	0.496	0.775	/	3.801
Avril	0.496	0.750	/	2.768
Mai	0.496	0.775	/	6.821
Totale	4.416	5.672	0.599	31.234

2.3. Paramètres du Bilan hydrique des quatre dernières années du barrage de cheffia

Les paramètres nécessaires pour le calcul des bilans hydriques sont :

- Les précipitations
- L'évaporation du plan d'eau
- La température de l'air
- La température de l'eau
- Direction du vent

Tableau 8.Évolution des paramètres climatique de l'année 2016-2017.

Mois	T° de l'air (C°)		T° de l'eau (C°)		Évaporation (Hm ³)		Pluie (mm)	Direction du vent
	max	min	max	min	max	min		
Septembre	35	12	/	/	0.030	0.009	41	W
Octobre	36	10	/	/	0.027	0.002	44.6	W, SW
Novembre	30	9	/	/	0.011	0.002	60	/
Décembre	21	7	/	/	0.007	0.002	25.1	/
Janvier	18	2	/	/	0.010	0.002	129	/
Février	25	12	12	6	0.012	0.002	108.9	/
Mars	27	6	/	/	0.014	0.006	6.6	/
Avril	27	7	/	/	0.016	0.003	52.7	/
Mars	33	8	/	/	0.022	0.009	0	/
Juin	36	10	/	/	0.030	0.016	31	/
Juillet	42	16	/	/	0.029	0.023	0	/
Aout	42	17	/	/	0.030	0.018	0	/

Tableau 9.Évolution mensuelle des paramètres climatique de l'année 2017-2018.

mois	T° de l'air (C°)		T° de l'eau (C°)		Évaporation (Hm ³)		Pluie (mm)	Direction du vent
	max	min	max	min	max	min		
Septembre	33	25	23	18	0.024	0.014	4.8	/
Octobre	29	18	17	11	0.023	0.017	23.4	/
Novembre	29	14	15	5	0.020	0.007	188.3	/
Décembre	20	17	7	5	0.010	0.005	82.5	/
Janvier	23	11	12	6	0.008	0.006	14.9	/
Février	20	13	7	4	0.008	0.006	106.6	/
Mars	29	16	14	4	0.010	0.005	97.7	/
Avril	33	19	15	5	0.011	0.007	10.1	/
Mai	37	17	21	8	0.015	0.007	59.7	/
Juin	33	22	20	14	0.018	0.012	1.1	/
Juillet	39	26	28	16	0.026	0.018	0	/
Aout	36	29	23	17	0.026	0.022	46	/

Tableau 10.Évolution mensuelle des paramètres climatique de l'année 2018-2019.

Mois	T° de l'air (C°)		T° de l'eau (C°)		Évaporation (Hm ³)		Pluie (mm)	Direction du vent
	max	min	max	min	max	min		
Septembre	32	24	22	13	0.023	0.013	11.3	/
Octobre	26	19	16	7	0.013	0.005	174.8	/
Novembre	24	17	12	7	0.009	0.004	50.5	/
Décembre	23	14	9	6	0.006	0.003	89	/
Janvier	17	9	9	4	0.006	0.003	219.1	/
Février	20	10	9	5	0.006	0.003	69.1	/
Mars	20	10	9	5	0.008	0.005	88.8	/
Avril	28	19	14	9	0.008	0.004	20.2	/
Mai	25	18	16	8	0.017	0.005	44.2	/
Juin	45	24	31	16	0.028	0.017	0	/
Juillet	40	29	25	17	0.032	0.026	0	/
Aout	39	22	24	19	0.035	0.029	0	/

Tableau 11.Évolution mensuelle des paramètres climatique de l'année 2019-2020 .

Mois	T° de l'air (C°)		T° de l'eau (C°)		Évaporation (Hm ³)		Pluie (mm)	Direction du vent
	max	min	max	min	max	min		
Septembre	28	24	30	15	0.029	0.020	49	/
Octobre	28	21	20	14	0.029	0.014	64.5	/
Novembre	21	16	13	9	0.016	0.007	78.8	/
Décembre	20	15	14	6	0.011	0.005	78.1	/
Janvier	22	16	9	5	0.016	0.004	45.8	/
Février	23	17	10	5	0.011	0.007	3.1	/
Mars	23	9	10	4	0.011	0.006	70.1	/
Avril	26	17	18	8	0.013	0.008	34.5	/
Mai	34	18	18	10	0.016	0.009	24	/

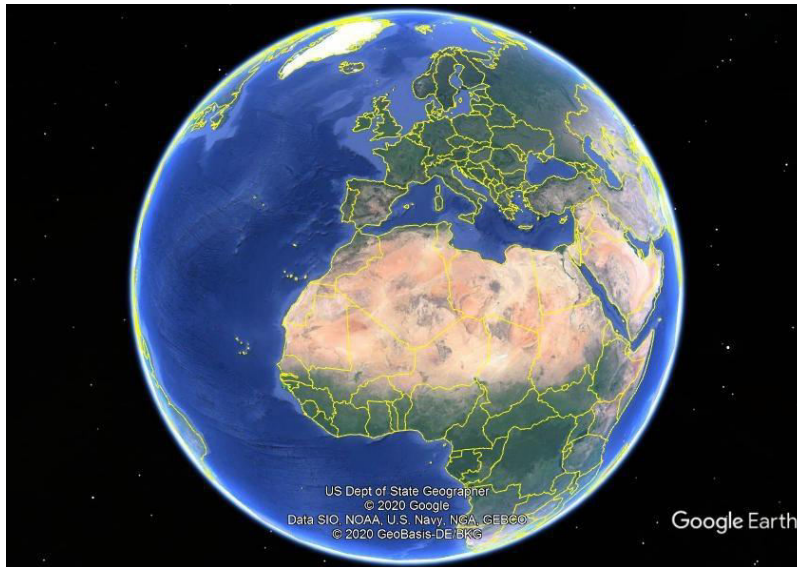
Tableau 12.Évolution annuel des paramètres climatique (station barrage Cheffia).

L'année	T° de l'air(C°)		T° de l'eau (C°)		L'évaporation (hm ³)		Pluie (mm)	Direction du vent
	Max	Min	Max	Min	Max	Min		
2016-2017	42	2	12	6	0.030	0.002	410.139	W, SW
2017-2018	39	11	28	4	0.026	0.005	547.194	/
2018-2019	45	9	31	4	0.035	0.003	636.254	/
2019-2020	24	9	15	4	0.029	0.011	402.614	/

3. Matériels et Méthode

3.1. Présentation de Google Earth

Google Earth est un logiciel, propriété de la société Google, permettant une visualisation de la Terre avec un assemblage de photographies aériennes ou satellitaires (Touiabia et al,2017).



3. 2. Matériel utilisé de prélèvement des lombrics

- 4 piquets, ficelle + mètre ruban (pour matérialisé 1 m²).
- Arrosoir de 10 L + rampe d'arrosage.
- Bouteille de formol de 800 ml.
- L'eau 320 L (20L par m²) + rinçage.
- Pince + bassine remplir d'eau pour le stockage et l'identification des vers de terre.
- Gants jetables + masque (évitez de vous frotter le visage avec le gant) (photo 4).
- Agitateur (fouet).
- Chronomètre.
- Guide illustré pour l'identification des vers de terre.
- Une bâche claire pour l'identification.
- Fiche de terrain et crayons pour la saisie des données (Daniel CLUZEAU).
- Clé d'identification des vers de terre (OPVT de Rennes).



Photo 4 .matériels utilisés**3.3. Méthode d'étude****Conditions d'observation**

Dates : Janvier– avril pendant la période d'activité maximale des vers de terre. De préférence le matin.

Météo : T°C entre 6 et 10°C.

Sol : Humide, non engorgé. Ni sec, ni gelé.

Humidité : uniquement sur un sol ressuyé (ni gelé ou en dégel, ni saturé en eau, ni trop sec).

Positionnement : Surface plane distante de 10m minimum du bord de la parcelle selon Daniel CLUZEAU.

Pour la réalisation de cette étude les lombriciens sont extraits, en utilisant la méthode au formol (Bouché, 1972; Cluzeau et al., 1999 & 2003) sur une zone de 1m², et un tri manuel.

Les lombrics ont été récoltés pendant une période de marnage selon le protocole expérimental suivant :

3.1. Positionner en ligne 8 zones d'échantillonnage de 1 m² espacées de 100 mètres sur la ligne du barrage espacées à lui de 6 mètres grâce au GPS et à Google earth pro 2020.



Figure 11. Localisation des stations d'étude.

Tableau 13. Les coordonnées géographiques des stations d'étude.

Station	latitude Nord	Longitude Est
S1	36° 382' 50"	8° 512' 36"
S2	36° 382' 72"	8° 58' 36"
S3	36° 381' 73"	8° 54' 46"
S4	36° 381' 77"	8° 50' 34"
S5	36° 382' 89"	8° 453' 83"
S6	36° 382' 89"	8° 453' 83"
S7	36° 382' 23"	8° 448' 84"
S8	36° 382' 81"	8° 443' 74"

Les stations sont délimitée par le mètre ruban sur une longueur de 1m (1×1)=1m². (photo 5)



Photo 5. Délimitation d'une station d'étude.

3.2. Préparé la solution sur place : pour chaque arrosage, diluer 25 ml de formol dans un arrosoir de 10 L d'eau (mettre des gants).



Photo 6. Préparé la solution.

3.3. Pour chacune des 8 zones de 1 m² étudiées à 15 minutes d'intervalle 2 épandages (10 L chacun) de formol (ne pas hésiter à arroser plus large que le m²), de façon homogène sur toute la surface grâce à une rampe d'arrosage.



Photo 7. Arrosage de la station.

Entre les deux épandages et pendant un quart d'heure à la suite du deuxième, récolter (seulement dans la zone délimitée) les vers de terre qui remontent à la surface (précaution : bien attendre qu'ils soient complètement sortis de leurs galeries, si le ver est coupé en 2, prendre les morceaux).



Photo 8. Récolte les vers de terre.

Les placer dans une bassine remplie d'eau (le rinçage évite la mort des individus).
Si les individus continuent à sortir au bout d'un quart d'heure, retarder le deuxième arrosage et ramasser les vers en priorité.



Photo 9. Les vers de terre dans une bassine rempli d'eau.

3.4. Laver les vers, les étaler sur une surface de couleur claire (bâche par exemple). Les déterminer à l'aide du guide d'identification et les séparer selon les 3 groupes. Compter les individus par groupe et reporter les résultats sur la feuille de terrain.

1. Résultats des bilans hydriques des quatre dernières années

1.1. Variation mensuelle et saisonnière du bilan

Trois mois (Mai, Juillet et Août) présentent un déficit hydrique du bilan qui s'explique par un manque d'apport, les autres mois le bilan est positif.

On remarque aussi que la saison des pluies est caractérisée par un bilan positif alors que la saison d'étiage elle présente un bilan négatif. (Tableau 14, fig 12 et 13)

Tableau 14. Bilan mensuelle de l'année 2016-2017

Mois	Entrés	Sorties	Excès /déficit
Septembre	41	11.161	29.839
Octobre	44.6	8.875	35.725
Novembre	60	5.664	54.336
Décembre	25.1	5.302	19.798
Janvier	129	2.317	126.683
Février	108.9	7.446	101.454
Mars	6.6	3.867	2.733
Avril	52.7	3.988	48.712
Mai	0	7.96	-7.96
Juin	31	11.555	19.445
Juillet	0	12.193	-12.193
Aout	0	8.433	-8.433

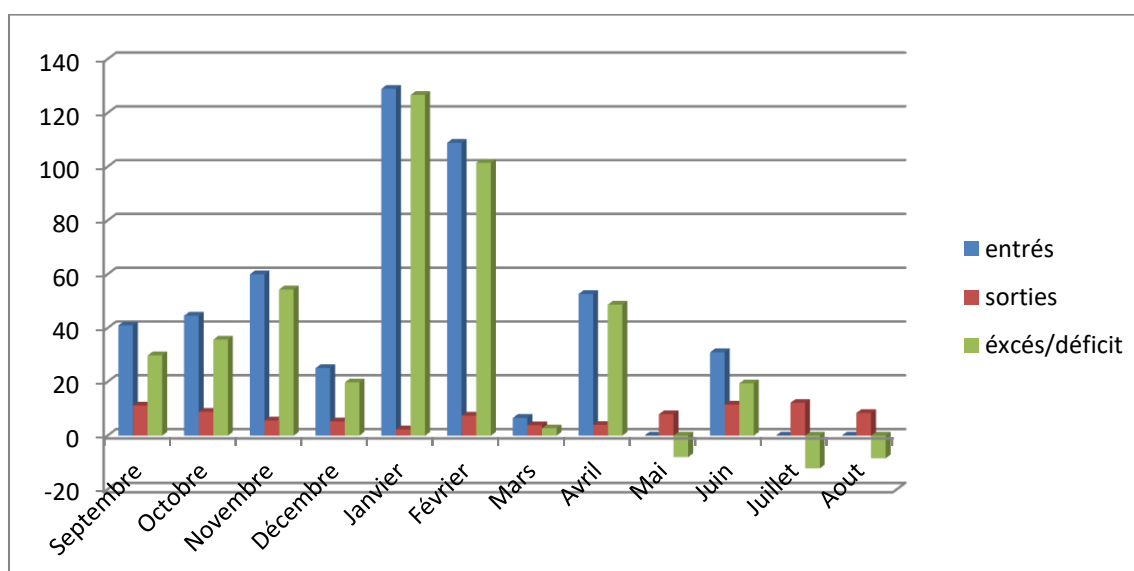


Figure 12. Bilan hydrologique de l'année 2016-2017.



Figure 13. Situation du marnage à la date 27 /09/2016

Tableau 15. Bilan mensuelle de l'année 2017-2018

Mois	Entrés	Sorties	Excès/déficit
Septembre	4.8	5.431	-0.631
Octobre	23.4	5.338	18.062
Novembre	188.3	2.632	185.668
Décembre	82.5	2.518	79.982
Janvier	14.9	4.502	10.398
Février	106.6	2.254	104.346
Mars	97.7	2.154	95.546
Avril	10.1	4.819	5.281
Mai	59.7	5.706	53.994
Juin	1.1	16.613	-15.513
Juillet	0	23	-23
Aout	46	12.939	33.061

L'année hydrologique 2017/2018, le bilan est négatif pendant les mois de Septembre, Juillet et Juin alors que il est positif pendant le reste de l'année il depend des apports pluviométriques (Tableau 15, fig 14 et 15)

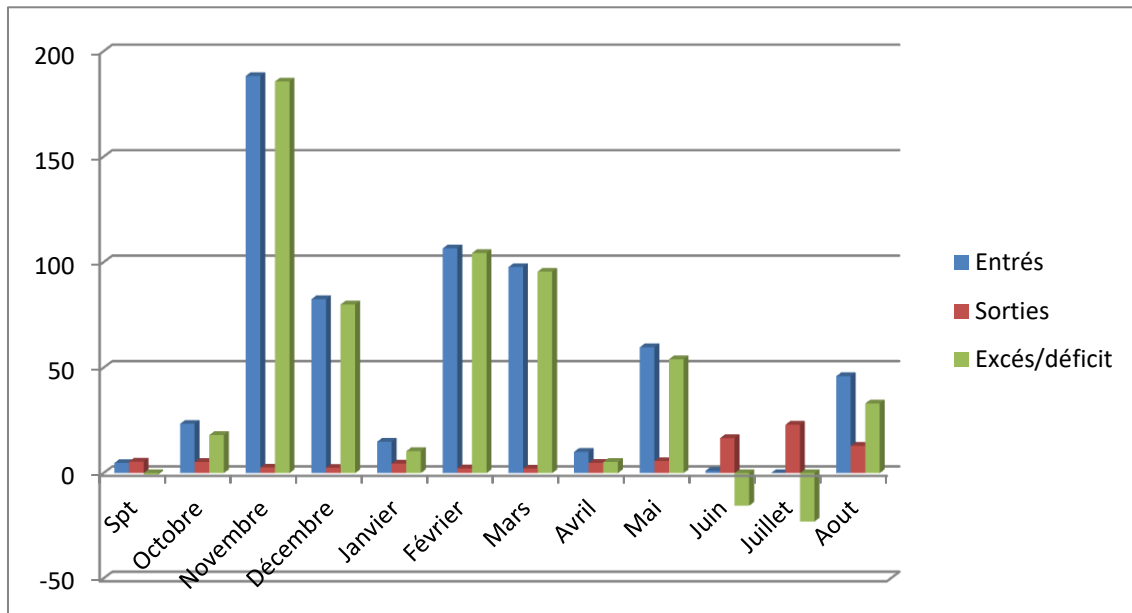


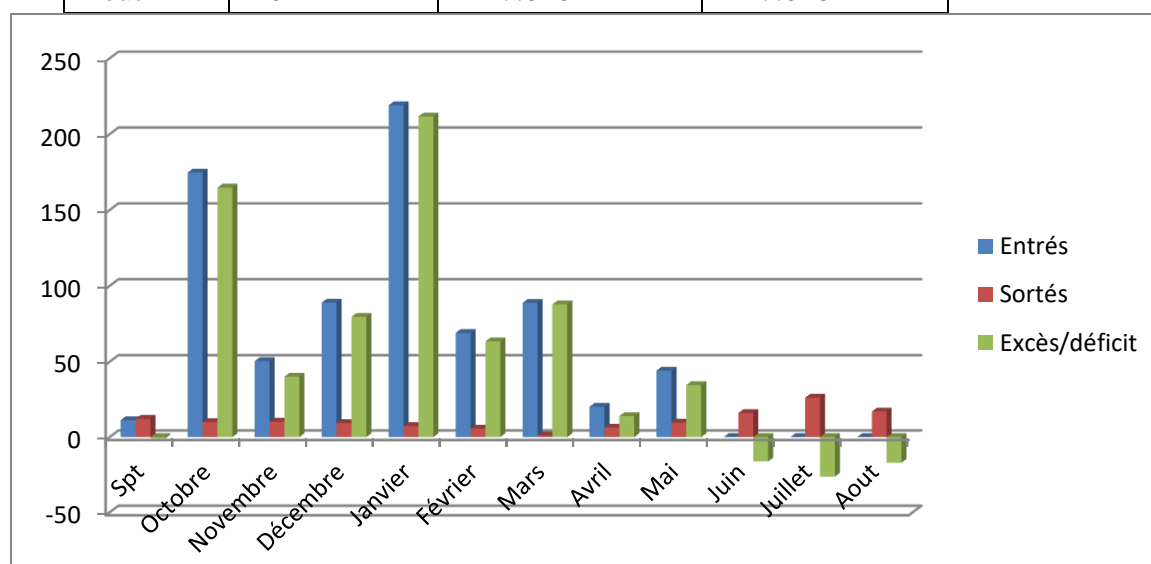
Figure 14. Bilan hydraulique de l'année 2017-2018



Figure 15. Situation du Marnage à la date 20/06/2017

Tableau 16. Bilan mensuelle de l'année 2018-2019

Mois	Entrés	Sorties	Excès/déficit
Septembre	11.3	12.128	-0.828
Octobre	174.8	9.962	164.838
Novembre	50.5	10.277	40.223
Décembre	89	9.33	79.67
Janvier	219.1	7.366	211.734
Février	69.1	5.609	63.491
Mars	88.8	0.948	87.852
Avril	20.2	6.22	13.98
Mai	44.2	9.582	34.618
Juin	0	16.079	-16.079
Juillet	0	26.229	-26.229
Aout	0	17.016	-17.016

**Figure 16.** Bilan hydraulique de l'année 2018-2019.

Pendant l'année 2018/2019, on a enregistré quatre mois de déficit hydrique (Juin, Juillet, Août et Septembre) alors que le reste des mois présente des bilans positifs. Ces bilans et le marnage des eaux sont représentés dans le Tableau 16 et 17.



Figure 17. Situation du Marnage à la date 28/07/2018.

Donnant l'année hydrologique 2019/2020 on note aucun bilan négatif à l'exception du mois de Février (Tableau 17, fig 18 et 19)

Tableau 17 .Bilan mensuelle de l'année 2019-2020

Mois	Entrés	Sorties	Excès/déficits
Septembre	49	1.784	47.216
Octobre	64.5	5.684	58.816
Novembre	78.8	5.151	73.649
Décembre	78.1	3.937	74.163
Janvier	45.8	4.639	41.161
Février	3.1	5.959	-2.859
Mars	70.1	5.333	64.767
Avril	34.5	4.304	30.196
Mai	24	8.495	15.505

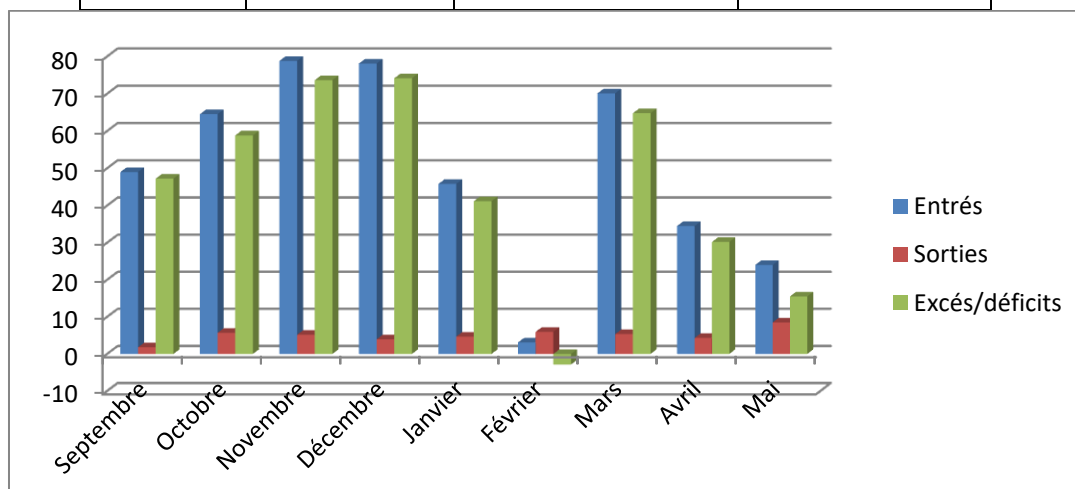


Figure 18. Bilan hydraulique de l'année 2019-2020**Figure 19.** Situation du Marnage à la date 04/07/2019**Tableau 18 .**Bilan annuel de l'année 2016 jusqu'à 2020.

Année	Entrés	Sorties	Excès/déficit
2016-2017	498.9	88.761	+ 410.139
2017-2018	635.1	87.906	+ 547.194
2018-2019	767	103.746	+636.254
2019- 2020	447.9	45.286	+402.614

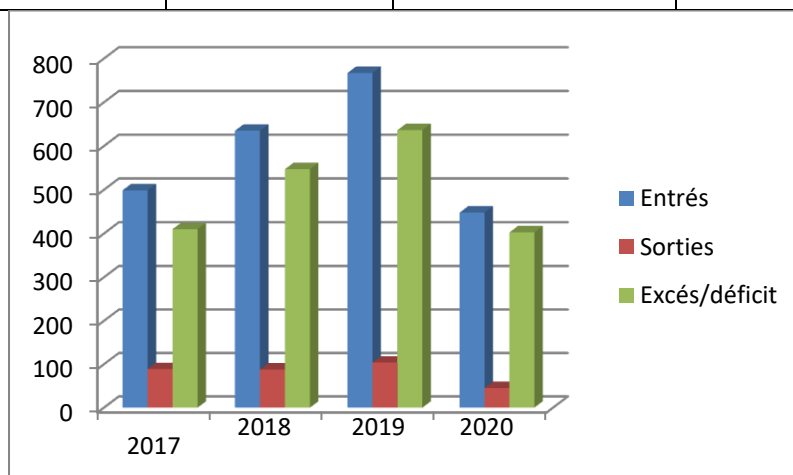


Figure 20. Bilan hydraulique annuel de l'année jusqu'au 2017 - 2020. De pont de vue annuel, les quatre dernières années présentent un bilan hydrique positif dus essentiellement aux entrées (précipitations) et aux faibles sorties (AEP, Ind et irrigation) cette situation génère un faible marnage des eaux du barrage.

2. Résultats du dénombrement des lombrics

2.1. L'abondance des vers de terre dans la zone d'étude

Nous avons fait cette étude en Février, où le mouvement des vers de terre est élevé. Nous avons effectué une sortie le 20 Février 2020 où la température de l'air était de 20 C° et la température de l'eau de 8 C°. La quantité de précipitation est nulle et l'évaporation est égale à 0.008.

Une deuxième sortie a été effectuée le 25 Février 2020. Cette journée est caractérisée par une température de l'air 22 C°, une température de l'eau 9 C°, une précipitation nulle et une évaporation de 0.009 mm.

La première remarque à faire on note une abondance lombricienne variable d'une station à l'autre (Tableau 19, fig 21)

Tableau 19. Abondance des vers de terre selon les stations dans la zone d'étude

Numéro de station	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Nombre total d'individu	55	6	15	0	0	3	0	0

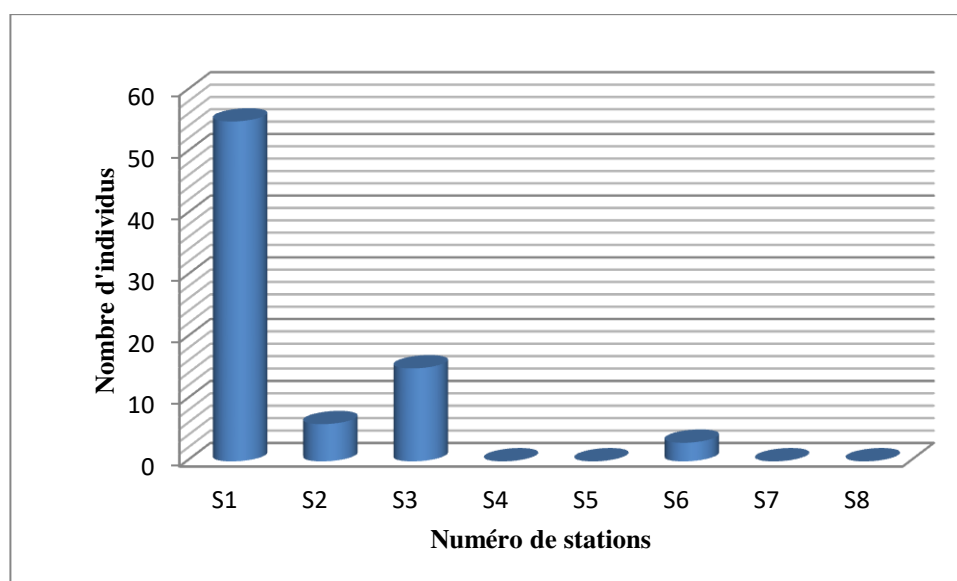


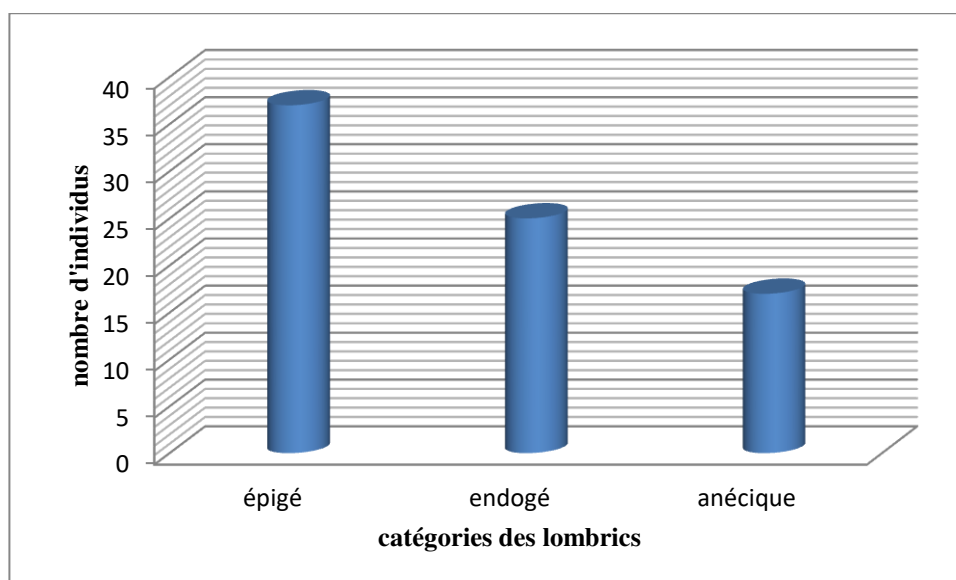
Figure 21. Abondance des vers de terre dans la zone d'étude.

2.2. Diversité et les catégories écologiques des peuplements de vers de terre récoltés dans la zone d'études

Les résultats relatifs à la diversité des vers de terre dans chacune des stations d'échantillonnages sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 20. Nombres d'individus par catégories des lombrics récoltés dans la zone d'étude.

Numéro de stations	Nombre des individus		
	Épigé	Endogé	Anécique
St 1	28	17	10 (tête noire)
St 2	02	03	1 (tête noire)
St 3	06	03	6 (tête noire)
St 4	0	0	0
St 5	0	0	0
St 6	01	02	0
St 7	0	0	0
St 8	0	0	0

**Figure 22.** Nombres d'individus par catégories des lombrics.

Sur l'ensemble des stations étudié (8 stations) la catégorie épigée représente 47%, les endogées 32%, les anéciques 21%(figure 22).

On remarque que les lombrics (épigés, endogés, anécique), sont plus nombreux au niveau de la station 1 par rapport aux autre. On remarque aussi que les épigés sont très abondants

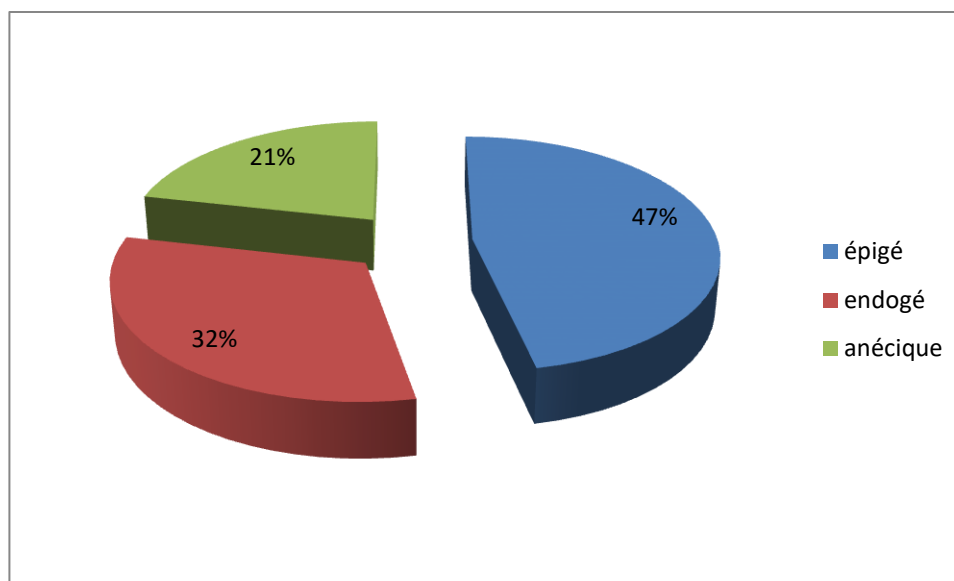


Figure 23. Pourcentages (%) des catégories écologiques des lombriciens dans la zone d'étude.

La station 1 est une parcelle agricole travaillé en période de marnage ce qui explique cette abondance.

Discussion

Les résultats obtenus permettent enfin de préciser certaines conséquences entraînées par une baisse importante du niveau des eaux du barrage de Cheffia. Dans le cas d'un marnage hivernal où la boue reste humide et froide ($HR > 3\%$; $T^{\circ} < 10^{\circ}C$) (Chapeau et al,1980) les vers restent généralement actifs. Ils peuvent cependant résister à un dessèchement limité en s'enfonçant dans la vase, puis en entrant en quiescence au fond des fentes des retraits.

Lorsque le marnage se prolonge jusqu'au printemps ($HR = 20\%$, $T^{\circ} \geq 15^{\circ}C$) les conditions nécessaires à l'enkystement se trouvent progressivement réunies. Sous cet état seulement, la survie des vers peut être assurée jusqu'à la remontée des eaux ; si cette dernière n'est pas trop retardée (Chapeau et al,1980).

1. L'abondance des vers de terre

Les densités de vers de terre se situent généralement entre 50 et 400 vers par m^2 , excédant parfois les 1 000 vers par m^2 (Lee, 1985). Par rapport nos résultats se trouvent 55 individus par m^2 .

La température, l'humidité du sol sont les facteurs clés qui régulent l'abondance et l'activité des vers en milieu naturel (Satchell, 1967 ; Hartensein et Amico, 1983 ; Sims et

Gerard, 1999 ; citée par Pelosi, 2008) et les populations lombriciennes répondent relativement rapidement à des variations de ces facteurs du milieu.

Les résultats de cette étude mettent en évidence trois taxa lombriciens décomposeurs de la matière organique. La diversité de ces décomposeurs dans les sols est faible. Cette faible diversité peut être associée aux activités agricoles intenses (Decaëns & Jiminez, 2002) et à la pauvreté naturelle des sols.

2. Lombrics et température de l'air

La température a une influence sur la rapidité de développement des vers de terre. Tandis que la production de cocons par les lombrics devient quatre fois plus importante quand la température s'élève de 6 à 16°C (Evans et Guild, 1948)

3. Lombrics et nature du sol (notamment dessiccation des sols)

Selon (Guild, 1948 et Razafindrakoto, 2012), Les vers sont plus abondants dans les sols limoneux, argilo-limoneux et argilo-sableux que dans les sables, les graviers et les argiles. Selon (Curry, 1998) Les vers sont généralement absents dans des sols très acides ($\text{pH} < 3.5$) et sont peu nombreux dans les sols à $\text{pH} < 4.5$

4. Impact et Comportement des lombrics dans le sol en fonction du marnage

D'après (HERGER, 2003), si le sol engorge d'eau ou se dessèche périodiquement, les vers ne peuvent plus vivre (BACHELIER, 1978) montre que, les vers de terre absorbent continuellement par la peau de l'eau qu'ils rejettent ensuite par les néphridies et l'intestin. La quantité d'eau rejetée par les néphridies atteint à elle seule 60 % du poids du corps par jour, les vers de terre s'enfoncent dans le sol quand il se dessèche pour ne pas mourir, se roulent en boule puis ils se déshydratent partiellement pouvant perdre jusqu'à la moitié de leur eau ; leur léthargie cesse avec le retour de l'eau et leur réimbibition. Dans des régions, la léthargie va jusqu'à la diapause avec création des cellules d'estivation, la para-diapause est une forme de léthargie déterminée par la déshydratation du milieu et ne modifiant que très faiblement la teneur en eau de l'animal. La diapause dépend d'une régulation interne, vraisemblablement d'origine endocrine. Elle se caractérise par l'arrêt de l'activité génitale, avec réduction des organes sexuels glandulaires et vacuité du tube digestif.

Conclusion

Les lombriciens représentent une composante majeure de la macrofaune du sol dans la plupart des écosystèmes terrestres. Notre étude a menée dans le but d'apprécier l'effet du marnage des eaux du barrage de cheffia sur l'abondance des lombrics.

Les résultats incomplets eu raison de la conjonction actuelle (covid-19), ont montre un nombre importante d'épigés au niveau de la première station et une absence total au niveau des autres stations.

Les analyses des sols des différents stations non réalisés ne nous permettant pas des vérifier les corrélations avec l'abondance des vers de terres. D'une manière générale, les sols longeant les rives du barrage sont fortement travaillés eu période de marnage ainsi une développement faible de la faune du sol dont font partie les vers de terre. Notre étude mérite d'être approfondie sur l'ensemble du plan d'eau notamment dans la zone benthique.

Adorada J.L., 2007. Assessment of vermicomposting as a waste management technology and a livelihood alternative in the Philippines. *J. Environ. Sci. Manage.*, **10**, 28-39.

Affoun S., 2006. ressources en eaux, mobilisation et utilisation dans le bassin versant de la mafragh. Mémoire de magister. Université Mentouri de Constantine.

Aidoudi L., 2012. Etude du bilan hydrologique de la retenue du barrage de Fom El Gherza (wilaya de Biskra). Mémoire de magister en hydraulique. Université Mohamed Khider – Biskra.

Anctil F., Rousselle J., Lauzon N., 2005. Hydrologie (cheminements de l'eau), presses internationales polytechnique, Canada, 317p.

Bachelier G., 1978. La faune des sols, son écologie et son action, IDT N°38. ORSTOM, Paris, 391 pp.

Baha M., 2008. Étude bioécologique des oligochètes du Nord de l'Algérie. Thèse de doctorat, Institut National Agronomique, El-Harrach. 224p.

Baudouin L., 2009. Hydrologie des crues application aux cuves de sassénage (Iser), (week-end scientifique de la ligue spéléologique de Bourgogne), spéléo club de Chablis ; 14 et 15 Novembre 2009.

Bazri K., 2015. Etude de la biodiversité des lombriciens et leurs relations avec les propriétés du sol dans différents étages bioclimatique, dans l'Est Algérien. Université Constantine 1 Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Thèse de doctorat.

Benchikh H., 2016. Les espèces de l'espèce *Emus complanatus* et *Eisenia fetida* en milieu sableux. Université des Frères Mentouri Constantine Mémoire de master en sciences biologiques.

Blakemore R.J., 1994 a. Earthworms of south-east Queensland and their agronomic potential in brigalow soils. Unpub. PhD. Thesis, University of Queensland. Pp 605, with the description of 75 species, including 80 figures.

Bouché M.B., 1972. Lombriciens de France, Ecologie et systématique. Inst. Nat. Rech. Agronomique, Paris. 671p.

Bouché M.B., 1977. Stratégies lombriciennes. In : Lohm, U., person, T., (Eds), soil organisms as components of ecosystems. Proc. 6th Int. coll. soil zool. Ecol. Bull., Stockholm.

Boué H., Chanton R., 1974. Zoologie I invertébrés - « Doin, éditeurs » 94 p.

Bouhadab C., Menani M., Bouguerra H., Derdous O., 2018. Assessing soil loss using GIS based RUSLE methodology. Case of the Bou Namoussa watershed – North-East of Algeria. Institute of Technology and Life Sciences (ITP).

Brown G.G., et al., 2013. Terrestrial oligochaete research in Latin America: the importance of the Latin American meetings on oligochaete ecology and taxonomy. *Appl. Soil Ecol.*, 69, 2-12.

Brown G.G., Doube B.M., 2004. Functional interactions between earthworms, microorganisms, organic matter, and plants. In: Edwards C.A., ed. *Earthworm ecology*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press LLC, 213-239.

Bymbas P., Lemtiri A., Hormick J., Ndong T., Francis F., 2017. Rôles et caractéristiques morphologiques du ver de terre *Eudrilus eugeniae* (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2017 **21**(2), 160-170.

Chader B., 2016. Contribution a la modélisation des débits d'un barrage cas des barrages Zerdezas (Skikda), Cheffia (El Taref). mémoire de master, département aménagement et génie hydraulique Ecole nationale supérieure d'hydraulique -ARBAOUI Abdellah.

Chaoui H., Keener H., 2008. « Modeling the effectiveness of an electric field at repelling earthworms », *Biosystems engineering*, vol. 100, no 3, p. 409-421.

Curry J. P., 1998. Factors affecting earthworm abundance in soils. In: Edwards, C. A. (eds), *Earthworm Ecology*. Boca Raton, St. Lucie Press, 389 pp.

Dash M.C. et Senapati B.K., 1986. Vermitechnology, an option for organic waste management In : Dash M.C., Senapati B.K., Mishra P.C., (Eds) *Proceeding of National Seminar on organic waste utilization and vermicomposting part-B : Vermes and vermicomposting Sambalpur university, Sambalpur, Orissa, India*, 157-172 pp.

Decaens T. & Jimenez J.J., (2002). Earthworm communities under an agricultural intensification gradient in Colombia. *Plant and Soil*, 240: 133-143

Dominguez J., Edwards C.A., 2010. Biology and ecology of earthworm species used for vermicomposting. In: Edwards C.A., Arancon N.Q. & Sherman R.L., eds. *Vermitechnology: earthworms, organic wastes and environmental management*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 27-38.

Edwards C.A., et Bohlen P.J. ; 1996. Biologie and écologie of Earthworms 3rd ed. Chapman and Hall, London, 426pp.

Edwards C. A., Lofty J. R., 1977. The influence of invertebrates on root growth of crops with minimal or zero cultivation. *Ecol. Bull.* 25, 348-356.

El-Duweini A. K., Ghabbour S. I., 1965. Population density and biomass of earthworms in different types of Egyptian soils. *J. Appl. Ecol.* 2, 271-287.

Empwal F., 2016. Etude de la diversité des communautés lombriciennes dans la Réserve et Domaine de Chasse de Bombo-lumene, plateau des Batékés. UNIVERSITE DE KINSHASA, Thèse Pour l'obtention du grade de docteur en Sciences Agronomiques.

Evans A. C., Guild W., J., 1948. Studies on the relationships between earthworms and soil fertility. IV - On the life cycles of some British Lumbricidae. V - Field populations. *Ann. Appl. Biol.*, 35, 4, 471-484 et 485-493.

FAO, 2004. *Ressources alimentaires*. Rome : FAO, 16-28.

Francis F. et al., 2003. Technique de lombriculture au sud Vietnam. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 7, 171-175.

Gates G.E., 1972. Burmese Earthworms, an introduction to the systematics and biology of Megadrile oligochaetes with special reference to South-East Asia. *Transactions of the American Philosophical Society*. **62(7)**: 1-326.

Guild W.J.MC.L., 1948. The effect of soil type on the structure of earthworm populations. *Ann.*

Guild W. J. M. L., 1955. Earthworms and soil structure. *In*: Kevan, D. K. M. E. (eds), *Soil Zoology*. Butterworths, London, pp. 83-98.

Gutiérrez M., Jesús J.B., Trigo D., Díaz-Cosín D.J., 2006. Is *Hormogaster elisae* (Oligochaeta, Hormogastridae) a predator of mite and springtails? *Eur. J. Soil Biol.* **42**: 186–190.

Hatti S.S. et al., 2012. Effet of *Eudrilus eugeniae* vermiwash on the growth of plants. *J. Experiment. Zool.*, **15**, 63-67.

Hendrix P. F., Muller B. R., Bruce R. R., Langdale G. W., Parmelee R. W., 1992. Abundance and distribution of earthworms in relation to landscape factors on the Georgia Piedmont, USA. *Soil Biol. Biochem.* 24, 1357-1361.

Herger P., 2003. regenwürm. Zentrum für angewandte Ökologie Schattweid, Natur-Museum Luzern. Wolhusen. 49 p.

Huynh T., M., D., 2009. Impacts des métaux lourds sur l'interaction plante/ ver de terre/ microflore tellurique. Thèse de Doctorat de l'Université Paris-Est en Ecologie microbienne. 169pp.

Kemassi S., 2015. Etude de l'impact des vers de terre sur l'évolution de la matière organique en régions sahariennes : Cas de la cuvette de Ouargla. UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, mémoire de magister.

Lavelle et Gilot.,1994.,Lavelle et al.1997.

Lee K. E., 1985. Earthworms: their ecology and relationship with soils and land use. New York, 411 pp.

Lemtiri A. et al., 2014. Impacts of earthworms on soil components and dynamics. A review. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **18**, 121-133.

Lofs-Holmin A., 1983. Influence of agricultural practices on earthworms (Lumbricidae). *Acta Agricult. Scand.* 33, 225-234.

Loongyai W., Bangrak P., Chantsavang S., 2011. External morphological comparison, taxonomic revision and molecular differentiation of the four economically important species of earthworm in Thailand. *Int. J. Agric. Biol.*, **13**, 553-558.

Mangold O., 1951. Experiments in analysis of the chemical senses of earthworms. I. Methods and procedure for leaves of plants. *Zool. Jb. (Physiol.)* 62, 441-512.

Mebarki., 2009. Ressource en eau et aménagement en Algérie (les bassins hydrographique de l'Est), office des publications universitaires ,Alger, 389p.

Mele P. M., Carter M. R., 1999. Impact of crop management factors in conservation tillage farming on earthworm density, age structure and species abundance in south-eastern Australia. *Soil Tillage Res.* 50, 1-10.

Menard, O., 2005. Les ouvriers du sol et les pratique agricoles de conservation. Colloque en environnement : « Des outils d'intervention à notre échelle ».

Misra R.V., Roy R.N., Hiraoka H., 2005. *Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation agricole.* Rome : FAO.

Moraes M.J.d., Filho D.O., Martins J.H., Santos L.C., 2012. Electric signals for separation of earthworms (*Eudrilus eugeniae*). *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, **16**, 1137-1142.

Morin R.,1999. Exploitation et élevage des vers de terre pour le marché des appâts vivants. In :Ministère de l'agriculture, des Pêcheries et de l'alimentation.

Musy A., Higy C.,2003 .hydrologie (une science de la nature) collection gérer l'environnement presses polytechnique et universitaires Romandes,314p.

Pelosi C., 2008. Modélisation de la dynamique d'une population de vers de terre *lumbricus terrestris* au champ contribution à l'étude de l'impact de systèmes de culture sur les communautés lombriciennes. Th. Doc., Ecole doctoral. ABIES. Paris.141 p.

Pérès G., Cluzeau D., Curmi P., Hallaire V., 1998. Earthworm activity and soil structure changes due to organic enrichments in vineyard systems. *Biol. Fertil. Soils* 27, 417-

Pérés G et al.,2011.Earthworm indicators as tools for soil monitoring,characterization and risk assessment.an exemple from the national bioindicator programme (France).77-87.

Phillipson J., Abel R., Steel J., Woodell S. R. J., 1976. Earthworms and the factors governing their distribution in a beechwood. *Pedobiol.* 16, 258-285.

Razafindrakoto M., 2012. Etude des Oligochètes de Madagascar : Taxonomies, écologies et distributions Thèse de Doctorat, Université d'Antananarivo, Faculté des Sciences, spécialité : Biologie Animale 151p.

Razafindrakoto S.D.,2013.etude des interactions plant-vers de terre (diachogaster saliens) dans les cultures de Riz et de l'éleusine.

Satchell J. E., 1967. Lumbricidae. *In:* Burges, A. et Raw, F. (eds), *Soil Biology.* Academic Press, London, pp. 259-322.

Sekhara-Baha M.,2008. Etude bioécologique des Oligochètes du Nord de l'Algérie.Institut National agronomique El Harrach, Thèse de doctorat d'état en sciences agronomique.

Sims R. W., Gerard B. M., 1999. Earthworms. FSC Publications, London, 167 pp.

Stork et Eggliton,1992.,Lavelle et al.,1997.

Touaibia A.,Labouize A.,2017. Evaluation des risques d'inondations associes a la rupture du barrage a l'aide du modèle telemac-2D et système d'information géographique : cas du barrage Cheffia el Tarf. mémoire de master Université Badji Mokhtar-Annaba .

Toumi A., Remini B.,2002.contribution à l'étude des fuites dans les barrages Algériens,1ères journées pluridisciplinaires sur les sciences de l'ingénieur"JPSI'1",Université Hssiba ben Bouali Chlef,15-17 Décembre.

Vigot M., Cluzeau D., 2014. Les vers de terre. Chambre d'Agriculture de la Vienne. Vienne. 10p.

Villeneuve F.,Désire C.,1965.Zoologie Bordas.40p.

Yasguer S.,2015. Evaluation de l'écotoxicité de certains pesticides sur les sols par l'utilisation d'un biotest : cas des lombricidés. Université A.MIRA-BEJAIA, Département des Sciences Biologiques de l'Environnement, mémoire de magister.

Zeriri I., 2014. Toxicité potentielle d'un insecticide sur un invertébré de la famille des coelomates. UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA, FACULTE DES SCIENCES DEPARTEMENT DE BIOLOGIE, THESE EN VUE DE L'OBTENTION D'UN DIPLOME DE DOCTORAT LMD (3EME CYCLE).

