



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 Biologiques

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de master en

« Biodiversité »

Thème

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

Présenté par : Melle Reghdadi Ibtissem

Devant le jury

- | | |
|--------------------------------------|-------|
| - Président : Melle. Lazli.A | UCBET |
| - Encadreur : M. Malkia Rabia | UCBET |
| - Examineur : M. Boulahbel. R | UCBET |

Année universitaire : 2019_2020

Remerciements

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

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance et mes remerciements au Professeur 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 de juger ce travail.

Je tiens également à remercier l'arousse Mourad et ma sœur Reghdadi Mouna qui m'a été d'une grande aide et d'un grand soutien.

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.

L'approche méthodologique consiste à réaliser une identification et dénombrement des lombrics du barrage de Cheffia en hiver, et ce travail nécessite la connaissance des bilans hydrique de barrage pour permettre de localiser la zone de marnage.

L'étude a permis d'identifier trois espèces, espèce *Epigés*, espèce *Endogées*, espèce *Anéciques*, Le niveau global est de 25 individus par m², Sur l'ensemble des stations étudié (4 stations) l'abondance lombricienne variable d'une station à l'autre cette différence est due essentiellement à la faiblesse des sols en matière organique, et à la variation de leurs humidité et température.

L'activité des lombrics est fonction de l'humidité et de la qualité des sols.

Mots clés : bilans hydrique, barrage de Cheffia, lombrics, marnage, humidité.

Abstract

The objective of this study is to carry out a count of earthworms and to study their behavior according to variations in the body of water of the Cheffia dam.

The methodological approach consists in carrying out identification and counting of earthworms at the Cheffia dam in winter, and this work requires knowledge of the dam water balances to enable the tidal range to be located.

The study made it possible to identify three species, Epigés species, Endogées species, Anecic species, The overall level is 25 individuals per m², On all the stations studied (4 stations) the earthworm abundance variable from one station to the other, this difference is mainly due to the weakness of the soils in organic matter and to the variation in their humidity and temperature.

The activity of earthworms is a function of the moisture and quality of the soil.

Keywords: water balances, Cheffia dam, earthworms, tidal range, humidity.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو إجراء إحصاء لديدان الأرض ودراسة سلوكها وفقاً للتغيرات في الجسم المائي لسد الشافية. تتطلب الطريقة المنهجية في إجراء تحديد وإحصاء ديدان الأرض لسد الشافية في فصل الشتاء لمعرفة موازين مياه السد من أجل تحديد نطاق المد والجزر.

أتاحت الدراسة التعرف على ثلاثة أنواع Aneciques , Endogées , Epigés ، المستوى الكلي 25 فرداً لكل متر مربع، في جميع المحطات المدروسة (4 محطات) تختلف وفرة دودة الأرض من محطة إلى أخرى، يرجع هذا الاختلاف بشكل رئيسي إلى ضعف التربة في المواد العضوية والتباين في الرطوبة ودرجة الحرارة. نشاط ديدان الأرض هو دليل على رطوبة التربة وجودتها.

الكلمات المفتاحية: موازين المياه ، سد الشافية، ديدان الأرض ، نطاق المد والجزر ، الرطوبة .

Sommaire

N°	Désignation des chapitres	Pages
	Remerciement	
	Résumé	
	Liste des tableaux	
	Liste des figures	
	Liste des photos	
	Liste des abréviations	
	Introduction	
	Chapitre1 : Généralité sur les lombrics	
1.1.	Généralité sur les verres de terre	03
1.2.	Biologie des lombriciens	03
1.2.1.	Taxonomie et classification des lombriciens	03
1.2.2.	Cycle biologique ver de terre	04
1.2.3.	Morphologie	05
1.2.4.	Nutrition	05
1.2.5.	Reproduction et longévité	06
1.2.6.	Respiration	06
1.2.7.	Durée de vie et temps de génération	06
1.2.8.	Période d'activité	06
1.3.	Catégories écologiques des vers de terre	07
1.3.1.	Épigés	07
1.3.2.	Anéciques	07
1.3.3.	Endogés	08
1.4.	Condition abiotique des vers de terre	10
1.4.1.	Température et humidité du sol	10
1.4.2.	Type de sol et pH	10
1.4.3.	Salinité	11
1.4.4.	Le rôle écologique des vers de terre	11
1.5.	Les verres de terre et la fertilité biologique des sols	12
1.6.	Importance et caractéristique des vers de terre	12
1.6.1.	Création des galeries	12

1.6.2	Drilosphère	13
1.6.3.	Formation des turricules	13
1.7.	Importance économique	14
1.8.	Importance environnementale	14
1.9.	Dynamique de la population des vers de terre	15
	Chapitre 2: Synthèse bibliographique sur l'hydrologie	
2.1.	Considérations générales sur le cycle de l'eau	17
2.2.	Le bassin versant	19
2.3.	Les retenues des eaux "les barrages	20
2.4.	Equation du bilan hydrologique	21
2.5.	Les facteurs qui affectent le bilan hydrologique	21
2.6.	Les éléments du bilan hydrologique	22
2.6.1. .	Les entrées (Les apports d'eau)	22
2.6.2. .	Les Précipitations	23
2.6.3.	Les sorties	23
2.6.3.1.	L'irrigation	23
2.6.3.2.	L'Evaporation	23
2.6.3.3.	La vidange du barrage	23
2.6.3.4.	Le déversement du barrage	24
2.6.3.5.	Les fuites	24
2.6.3.6.	L'infiltration	25
	Chapitre3 : Matériels et méthodes	
3.1.	Présentation de la zone d'étude	26
3.2.	Caractéristiques de la région	27
3.2.1.	Contexte climatique	27
3.2.2.	Contexte pédologique	27
3.2.3.	Occupation du sol	28
3.2.4.	Qualité d'eau	29
3.2.5.	Caractéristiques du barrage de Cheffia	30
3.3.	Matériels utilisés	30
3.4.	Conditions d'observation	31
3.5.	Méthodologie de travail et protocole expérimentale	31
3.6.	Présentation des logiciels utilisés	35
3.6.1	Google Earth	35
3.6.2.	DRINC	36
	Chapitre4 : Résultats et Discussion	
4.1.	Condition du marnage	37
4.1.1.	Evolution du bilan hydrique et fonctionnement de plan d'eau	37
4.1.1.1.	Evolution mensuelle et saisonnière des apports d'eau	37
4.1.1.2.	Évolution mensuelle et saisonnière des prélèvements 2019/2020	38
4.1.2.	Evolution mensuelle des paramètres climatiques des dix dernières années	38
4.2.	Résultats des bilans hydriques des dix dernières années	43
4.2.1.	Variation mensuelle et saisonnière des bilans	43
4.3.	Résultats des SPI mensuels	57
4.4.	Bilans hydriques mensuelle en fonction des périodes sèche des dix dernières années	64
4.5.	Résultats du dénombrement des lombrics	68

4.5.1	L'abondance des vers de terre dans la zone d'étude	68
4.5.2	Les catégories écologiques de vers de terre récoltés dans les stations d'études	69
4.6.	L'abondance des vers de terre	71
4.7.	Lombrics et température de l'air	72
4.8.	Lombrics et nature du sol (notamment dessiccation des sols)	72
4.9.	Lombrics et période de sécheresse	72
	Conclusion	73
	Références bibliographiques	

Liste des tableaux

N°	Désignation des titres	Pages
Tableau 01	classification des lombriciens	03
Tableau 02	Principales caractéristiques des trois catégories écologiques de vers de terre décrites par Bouché (1972 ; 1977)	09
Tableau 03	L'impact des différents facteurs qui affectent le bilan (d'après Croteau, 2006)	22
Tableau 04	Qualité d'eau du barrage de Cheffia durant le mois de Décembre 2015 et Février 2016	29
Tableau 05	Caractéristiques de la digue du barrage (DERRADJIE 2016)	30
Tableau 06	Coordonnées géographique des stations d'étude (Google Earth)	33
Tableau 07	Évolution mensuelle et saisonnière des apports d'eau (2008-2020)	37
Tableau 08	Évolution mensuelle et saisonnière des prélèvements 2019/2020	38
Tableau 09	Evolution mensuelle des paramètres climatique (station barrage Cheffia).2008-2009	38
Tableau 10	Evolution mensuelle des paramètres climatique (station barrage Cheffia).2009-2010	39
Tableau 11	Evolution mensuelle des paramètres climatique (station barrage Cheffia).2011-2012	39
Tableau 12	Evolution mensuelle des paramètres climatique (station barrage Cheffia).2012-2013	40
Tableau 13	Evolution mensuelle des paramètres climatique (station barrage Cheffia).2013-2014	40
Tableau 14	Evolution mensuelle des paramètres climatique (station barrage Cheffia).2015-2016	41
Tableau 15	Evolution mensuelle des paramètres climatique (station barrage Cheffia).2016-2017	41
Tableau 16	Evolution mensuelle des paramètres climatique (station barrage Cheffia).2017-2018	42
Tableau 17	Evolution mensuelle des paramètres climatique (station barrage Cheffia).2018-2019	42

Tableau 18	Evolution mensuelle des paramètres climatique (station barrage Cheffia).2019-2020	43
Tableau 19	Bilan mensuelle de l'année 2008-2009	43
Tableau 20	Bilan mensuelle de l'année 2009-2010	44
Tableau 21	Bilan mensuelle de l'année 2011-2012	46
Tableau 22	Bilan mensuelle de l'année 2012-2013	47
Tableau 23	Bilan mensuelle de l'année 2013-2014	48
Tableau 24	Bilan mensuelle de l'année 2015-2016	50
Tableau 25	Bilan mensuelle de l'année 2016-2017	51
Tableau 26	Bilan mensuelle de l'année 2017-2018	53
Tableau 27	Bilan mensuelle de l'année 2018-2019	54
Tableau 28	Bilan mensuelle de l'année 2019-2020	56
Tableau 29	Bilan hydrique mensuelle en fonction de période sèche de l'année 2008/2009	64
Tableau 30	Bilan hydrique mensuelle en fonction de période sèche de l'année 2009/2010	64
Tableau 31	Bilan hydrique mensuelle en fonction de période sèche de l'année 2011/2012	65
Tableau 32	Bilan hydrique mensuelle en fonction des périodes sèche de l'année 2012/2013	65
Tableau 33	Bilan hydrique mensuelle en fonction des périodes sèche de l'année 2013/2014	66
Tableau 34	Bilan hydrique mensuelle en fonction des périodes sèche de l'année 2015/2016	66
Tableau 35	Bilan hydrique mensuelle en fonction des périodes sèche de l'année 2016/2017	67
Tableau 36	Bilan hydrique mensuelle en fonction des périodes sèche de l'année 2017/2018	67
Tableau 37	Bilan hydrique mensuelle en fonction des périodes sèche de l'année 2018/2019	68
Tableau 38	Bilan hydrique mensuelle en fonction des périodes sèche de l'année 2019/2020	68
Tableau 39	Abondance des vers de terre selon les stations d'étude	69

Tableau 40	Vers de terre récoltés dans les stations d'études	69
Tableau 41	Nombre total des catégories écologiques des lombriciens dans la zone d'étude	70

Liste des figures

N°	Désignation des titres	Pages
Figure 01	Cycle biologique ver de terre	04
Figure 02	Morphologie des lombrics	05
Figure 03	Répartition écologique des vers de terre	08
Figure 04	Répartition globale des vers de terre en fonction du type de sol.(la feuille d'ARBRE,2014)	10
Figure 05	Galerie de ver de terre tapissée de déjections (PELOSI, 2008)	13
Figure 06	Les turicules des vers de terre (TALBI, 2016)	14
Figure 07	Représentation du cycle de l'eau selon (Aidoudi , 2012.)	18
Figure 08	Schématisation du bassin versant	19
Figure 09	Barrage vue générale Chaffia	20
Figure 10	Vidange de fond	24
Figure 11	Situation géographique du barrage de Cheffia (Derradji, 2016)	26
Figure 12	Localisation du barrage de Cheffia	27
Figure 13	Carte des sols de la zone d'étude	28
Figure 14	Carte d'utilisation des terres de la zone d'étude (barrage de cheffia)	29
Figure 15	localisation des stations d'études (Google Earth)	33
Figure 16	Logiciel Google Earth	35
Figure 17	Logiciel de calcul des indices de sécheresse	36
Figure 18	Bilan annuel 2008/2009	44
Figure 19	bilan annuel 2009/2010	45
Figure 20	Carte de Marnage 04/08/2009	45
Figure 21	Bilan annuel 2011/2012	46
Figure 22	Carte de Marnage 10/05/ 2011	47
Figure 23	Bilan annuel 2012/2013	48
Figure 24	Bilan annuel 2013/2014	49
Figure 25	Carte de Marnage22/01/ 2014	49
Figure 26	Bilan annuel 2015/2016	50
Figure 27	Carte Marnage 20/01/2015	51

Figure 28	Bilan annuel 2016/2017	52
Figure 29	Carte Marnage 25/10/2016	52
Figure 30	Bilan annuel 2017/2018	53
Figure 31	Carte du Marnage 20/06/2017	54
Figure 32	Bilan annuel 2018/2019	55
Figure 33	Carte du Marnage 28/07/2018	55
Figure 34	Bilan annuel 2019/2020	56
Figure 35	Carte du Marnage 04/07/2019	57
Figure 36	SPI mois de Janvier station cheffia	57
Figure 37	SPI mois de Février station cheffia	58
Figure 38	SPI mois de Mars station cheffia	58
Figure 39	SPI mois d'Avril station cheffia...	59
Figure 40	SPI mois de Mai station cheffia	60
Figure 41	SPI mois de Juin station cheffia	60
Figure 42	SPI mois de Juillet station cheffi	61
Figure 43	SPI mois d'Aout station cheffia	61
Figure 44	SPI mois de septembre station cheffia	62
Figure 45	. SPI mois d'octobre station cheffia...	62
Figure 46	SPI mois de novembre station cheffia	63
Figure 47	SPI mois de Décembre station cheffia	63
Figure 48	Abondance des vers de terre dans la zone d'étude	69
Figure 49	Nombres d'individus de chaque catégorie des lombrics par stations d'étude	70
Figure 50	Pourcentages (%) des catégories écologiques des lombriciens dans la zone d'étude	71

Liste des photos

N°	Désignation des titres	Pages
Photo 01	Matériel de prélèvement utilisé.	31
Photo 02	Délimitation de la station d'étude.	33
Photo 03	Arrosage de la station d'étude.	34
Photo 04	Récolte des vers de terre.	34
Photo 05	Lombrics échantillonnée.	35

Liste des abréviations

FAO	Food Agricultural Organization.
Hm³	hectomètre cube
mm	millimètre
m	mètre
Km	kilomètre
MES	Matières en suspension.
PH	potentiel hydrogène
Mg	milligramme
L	litre
RS	Résidu sec
O₂d	Oxygène dissous
NO₃	Le nitrate
NO₂	Le dioxyde d'azote
NH₄	Ammonium
PO₄	phosphate
DBO₅	Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours
DCO	La demande chimique en oxygène
Mo	La matière organique
AEP	Alimentation en Eau Potable
IRR	L'irrigation
AEI	Alimentation en eau industrielle
IND	Individu
m²	Mètre carré
NTUA	National Technical University of Athens
SPI	indice de précipitation standardisé.
RDI	indice de sécheresse de reconnaissance.

Introduction

Le sol contient un des assemblages les plus complexes d'organismes vivants, qui interagissent avec les composantes organiques et inorganiques d'un sol (PUGA FREITAS, 2012)

Les lombriciens (*Annélides*, *Oligochètes*) représentent une composante majeure de la macrofaune du sol puisque, dans la plupart des écosystèmes terrestres, ils dominent en biomasse. En 1994, plus de 3 600 espèces de vers de terre avaient été recensées dans le monde, auxquelles s'ajoutaient plus de soixante nouvelles espèces chaque année. On estime à 7 000 environ le nombre total d'espèces, la majorité vivant sous les tropiques (Lavelle *et al.* 1998). En France, Boucher (1972) a recensé environ 180 espèces de lombriciens. Cet auteur a proposé de classer les vers de terre en trois catégories écologiques, basées sur des critères morphologiques (pigmentation, taille), comportementaux (alimentation, construction de galeries, mobilité) et écologiques (longévité, temps de génération, prédation, survie à la sécheresse) (Bouché, 1972)

Les vers de terre sont des organismes qui jouent des rôles biologiques et écologiques indispensables, ils contribuent à l'amélioration du sol, (Buch 1991).

Ils sont probablement les acteurs les plus importants dans la formation des sols, dans le maintien de la structure et de la fertilité des sols (PUGA FREITAS, 2012)

Les fonds vaseux du lac de barrage de cheffia renferment des populations abondantes d'oligochètes limicoles (nos observations de terrain). 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 Bounamoussa 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 généralité sur les vers de terre. et les caractéristiques des lombriciennes.

Le second est réservé à l'hydrologie, dans le troisième chapitre nous avons abordé la partie matérielle et méthodes, alors que le quatrième est réservé à l'interprétation et la discussion de nos résultats.

1-1-Généralité sur les vers de terre

Les vers de terre sont des organismes qui jouent des rôles biologiques et écologiques indispensables, ils contribuent à l'amélioration du sol, sa fertilité (Buch 1991).

Les vers de terre, aussi appelés « *lombriciens* » ont été considérés comme les intestins de la terre, ils aèrent le sol, décomposent les déchets et enrichissent le sol en éléments nutritifs essentiels. Les matières organiques prélevées sur le sol et dans le sol sont fragmentées par les *lombriciens*, puis malaxées dans leur tube digestif avec la matière minérale et le sol. Les vers de terre sont considérés comme indicateurs d'un sol en bonne santé. En effet, ils jouent un rôle primordial dans la fertilité et la structure des sols.

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).

1-2-Biologie des lombriciens

1-2-1-Taxonomie et classification des lombriciens

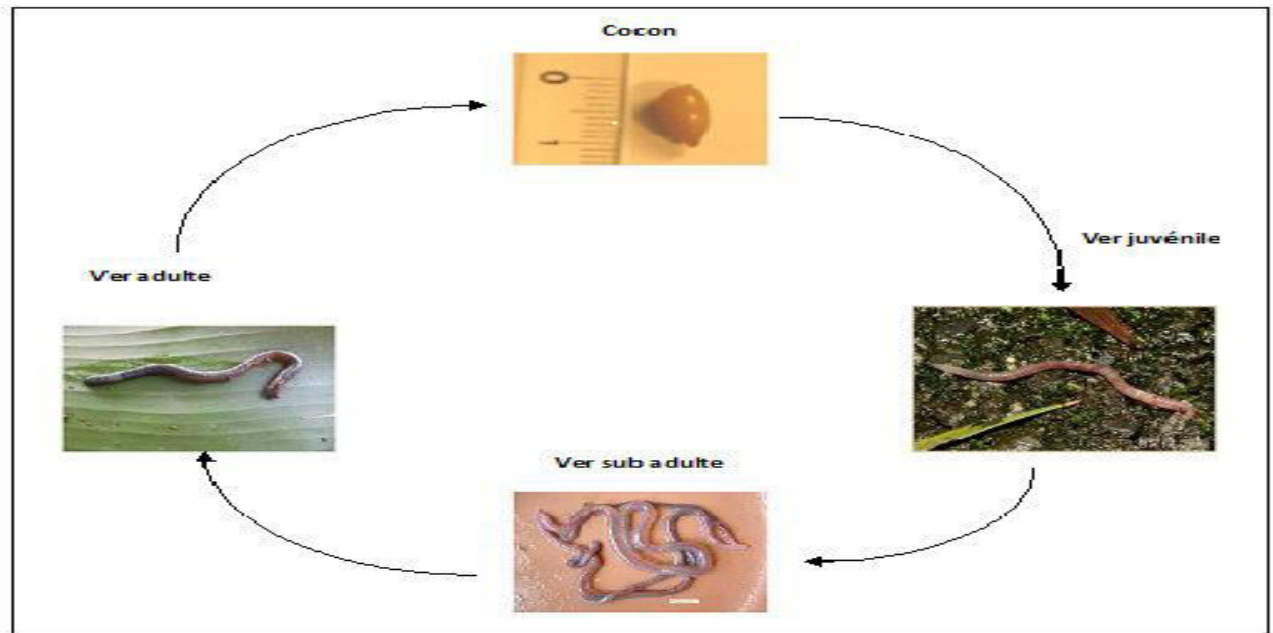
D'après BOUCHE (1970) in BACHELIE (1978), les lombrics sont classés comme suit (tableau 01):

Tableau 01. Classification des lombriciens

Embranchement	Annélides (8 700 espèces)
Classe	Annélides oligochètes
Ordre	<i>Opisthopores</i>
Sous ordre	<i>Lumbricina</i>
Super famille	<i>Lumbricina</i>
Famille	<i>Lumbricidae</i>
Genre	<i>lumbricus</i> (lombric),
Espèce	<i>terrestris</i> .

I-2-2-Cycle biologique ver de terre

La durée des quatre étapes fondamentales du cycle de vie des *lombriciens* (cocon, juvénile, sub-adulte et adulte) (figure 01) , ainsi que la fécondité et la survie de vers dépendent fortement de l'espèce considérée mais aussi des conditions du milieu (CELINE ,2008).



Source : (Bencheikh el Hocine ,2016) selon (CELINE ,2008).

Figure 01 . Cycle biologique ver de terre.

Tous les vers de terre sont hermaphrodites. 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).

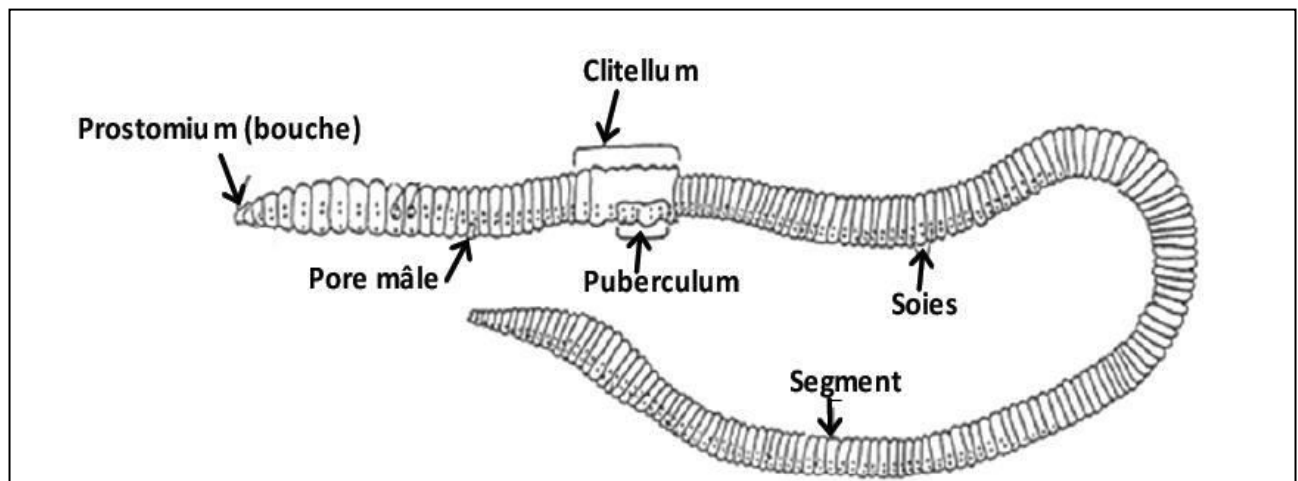
Le ver juvénile va progressivement acquérir des caractères sexuels secondaires externes liés à l'accouplement comme le puberculum tuberculeux ou les pores sexuels; il sera alors au stade sub-adulte. Un clitellum, organe lié au processus de ponte, va ensuite se former et

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).

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, ainsi que la fécondité et la survie des vers dépendent fortement de l'espèce considérée mais aussi des conditions du milieu.

I-2-3-Morphologie

Les vers de terre ont un corps mou, composé d'une succession d'anneaux (*embranchement des annélides*). Chaque anneau possède 8 petits poils (*soies*) qui permettent au ver de se déplacer sur et dans le sol. La présence d'une bague protubérante (*Clitellum*) chez les adultes permet de les distinguer des juvéniles. Cette bague, les *puberculum* et le pore mâle sont impliqués dans la reproduction (figure 02).



Source :(TALBI, 2016.).
Figure02. Morphologie des lombrics.

I-2-4-Nutrition

Le lombric avale de la terre en creusant ses galerie il la rejette a la surface du sol par L'anus sous forme de tortillons caractéristique pendant la traversée du tube digestif, les débris d'origine animale ou végétale, les protozoaires, les algues microscopique, les bactéries, sont digères (villeneuve et Desire, 1965).

I-2-5-Reproduction et longévité

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).

I-2-6-Respiration

Les vers de terre n'ont ni poumons ni branchies pour respirer. La prise d'oxygène se fait par toute la surface du corps grâce à la peau qui assimile directement l'oxygène dissous dans l'eau. C'est pour cette raison que les vers de terre doivent toujours maintenir leur peau humide. Ils se protègent du rayonnement solaire en se dissimulant dans la végétation et dans le sol et vont émerger à la surface seulement à la nuit venue comme le lombric. Si un ver est sorti de terre et exposé à la lumière solaire, il essaiera de se protéger du dessèchement qui entraîne la mort par des sécrétions d'un mucus protecteur.

I-2-7-Durée de vie et temps de génération

Le cycle de vie dépend des espèces et des conditions climatiques. La durée de vie varie de 3 mois pour les épigés à 5-8 ans pour les anéciques et endogés. Ainsi, le temps de génération est plus rapide pour les épigés (vitesse de recolonisation la plus rapide : 1 à 2 ans) que pour les anéciques et endogés (5 à 7 ans).

I-2-8-Période d'activité

Les vers de terre sont principalement actifs en sortie d'hiver/début de printemps et en Automne. Le sol doit être suffisamment humide et à une température d'environ 10°C (optimum de 12°C).

Lorsque les conditions ne sont pas favorables (sol trop sec en été ou trop froid en hiver), les vers de terre Anéciques et Endogés deviennent inactifs : ils s'enroulent dans une boule de mucus en mettant leur métabolisme au ralenti. Pour certaines espèces (Tête noire), cette période d'inactivité est gérée par des hormones : ils sont inactifs de juin à septembre.

Pour d'autres espèces, l'inactivité est déclenchée par des contraintes du milieu (sécheresse estivale par exemple). Leur activité reprend dès que les conditions se sont améliorées. Les épigés quant à eux, meurent à chaque période défavorable et leurs populations survivent sous forme d'embryons dans les cocons.

I-3-Catégories écologiques des vers de terre.

Les catégories écologiques des vers de terre sont fonctions de leur comportement, Morphologique et d'habitat (figure03). Ces catégories sont divisées par divers auteurs, notamment Lee (1959, 1985, 1987) et Bouché (1972, 1977)

Lee a proposé des catégories facilement interprétables et largement applicables à plusieurs familles *lombriciennes*, il s'agit des :

a) Espèces de litière : Elles vivent sur la surface du sol dans les couches litières ;

b) Espèces topsoil : Elles s'enfouissent dans l'horizon « A » du sol, mais se nourrissent à la surface où elles produisent des *turricules* .

c) Espèces du sous-sol : Elles se localisent entièrement dans les horizons « B » ou « C » du sol et tirent leur alimentation des zones inférieures de la racine.

Ces catégories sont équivalentes d'une manière générale à la classification adoptée par Bouché 1977 (tableau02).

I-3-1-Les Epigés

Ce sont des espèces de petite taille environ 1 à 5 cm et de couleur foncé (rouge, marron). Ils vivent généralement à la surface du sol, au niveau de la litière et dans les matières organiques en décomposition. Mais ils ne creusent que peu ou pas de galeries dans le sol. Ils se nourrissent de la litière déjà bien fragmentée comme les résidus de feuilles et autres parties végétales mortes. Ils ont une pigmentation cutanée semblable à celle du milieu dans lequel ils vivent. De plus, quand la nourriture est abondante et les conditions climatiques sont favorables, ils peuvent se multiplier très rapidement avec une fertilité élevée et produire 42 à 106 cocons par adulte et par an. Les vers de terre épigés jouent un rôle important dans le recyclage de la matière organique.

I-3-2-Les Anéciques

Ce sont des espèces possédant une taille entre 10 et 110 cm donc de grande taille. Leurs couleurs varient du rouge au brun, avec couramment un gradient de couleur de la tête vers la queue. Ils vivent sur l'ensemble du profil du sol (galeries jusque 5 m de long). Toutefois ils creusent des galeries permanentes verticales à subverti cales et ouvertes en surface, qui permet à l'eau de s'infiltrer. Les feuilles et les débris organiques qu'ils peuvent entraîner dans leurs galeries sont ingurgités avec de la terre. Les excréments sont déposés à la surface du sol sous forme de tortillons appelés aussi turriculés. Des trois groupes ce sont eux qui ont la fécondité la plus réduite : 3 à 13 cocons par adulte et par an. Les vers anéciques jouent un rôle à la fragmentation de la matière organique morte en surface, enfouissement et brassage de cette matière organique avec le sol ingéré

I-3-3- Les Endogées

Ce sont des espèces de taille variable entre 1 et 20 cm. Ils sont très peu colorés à apigmentés (gris, rose ou vert). Ils vivent essentiellement dans les trente premiers centimètres du sol. Ils creusent des galeries temporaires horizontales à subhorizontales. Ils représentent 20 à 40 % de la biomasse des terres fertiles et vivent en permanence dans le sol où ils creusent des galeries horizontales (Menard, 2005). Ils ont une fécondité moyenne 8 à 27 cocons par adulte et par an. Ils se nourrissent de terre plus ou moins riche en matière organique. En période de sécheresse ils tombent en léthargie et on les trouve enroulés sur eux-mêmes.

Les vers endogés présentent des modes de vie assez différenciés. Certains sont filiformes et s'installent le long des racines, d'autres forment des pelotes dans les couches profondes du sol, à proximité des drains, et filtrent l'eau dont ils séparent les particules organiques. Ils ont comme rôle à la création d'une « Structure grumeleuse », influençant la rétention et l'infiltration de l'eau dans le sol. Exemple : *Pontoscolex corethrurus*.

Ces deux classifications catégorielles sont essentiellement semblables dans leurs paramètres, qui diffèrent légèrement par l'interprétation.

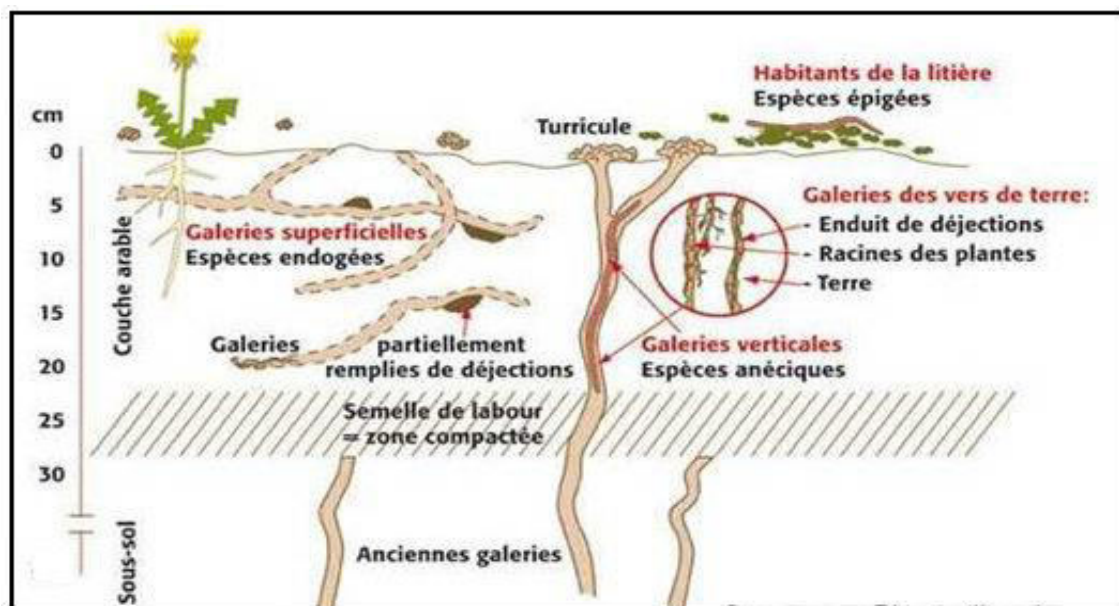





Figure 03 . Répartition écologique des vers de terre.

Source : (Razafindrakoto, 2013.)

Tableau02: Principales caractéristiques des trois catégories écologiques de vers de terre décrites par Bouché (1972 ; 1977).

	Espèce épigée	Espèce anécique	Espèce endogée
Espèces			
Alimentation	Litière décomposée à la surface du sol ; peu ou pas d'ingestion de 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 dorsal	Peu ou pas pigmenté
Taille adultes	Petite à moyenne (10-30 mm)	Grande (10-110 cm)	Moyenne (1-20 cm) ou grands
Galeries	Pas ; quelques galeries dans 1ers cm de sol par espèces intermédiaires	Grandes galeries verticales et permanentes dans horizon minéral	Galeries continues, extensives, subhorizontales, souvent dans les 15 premiers cm de sol
Mobilité	Mouvements rapides en réponse à perturbation	Retrait rapide dans galerie mais plus lents que les épigés	Généralement lents
Longévité	Relativement courte	Relativement longue	Intermédiaire
Temps de génération	court	long	court
Survie à sécheresse	cocons	quiescences	Diapause
Prédation	Très importante, surtout par oiseaux, mammifères et arthropodes prédateurs	importante	Faible ; un peu par oiseaux qui creusant le sol et arthropodes prédateurs

I-4-Condition abiotique des vers de terre

I-4-1-Température et humidité du

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.

I-4-2-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).

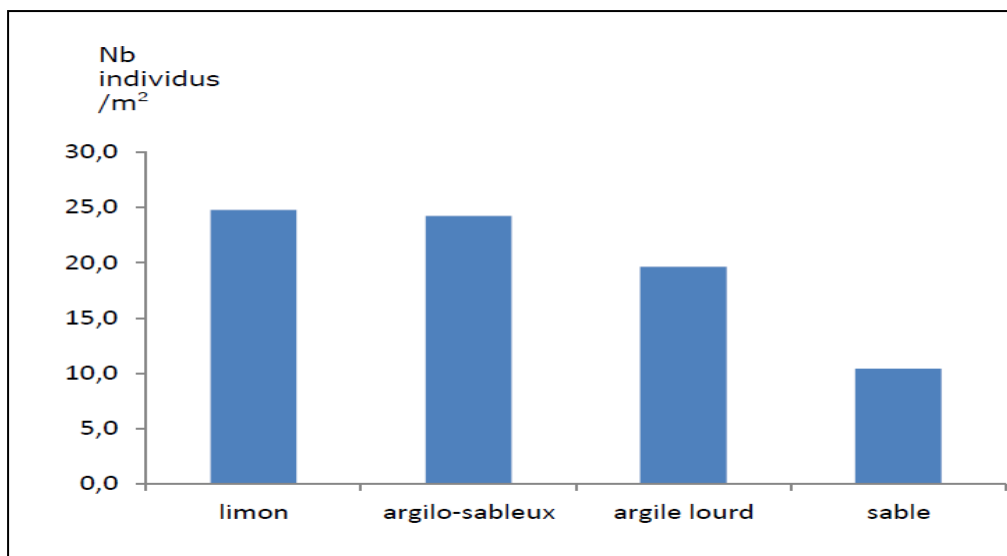


Figure 04 . Répartition globale des vers de terre en fonction du type de sol.(la feuille d'ARBRE ,2014).

Les sols argileux trop lourds peuvent devenir asphyxiants et les sols sableux peuvent être abrasifs et desséchants. Ces conditions sont plus défavorables aux vers de terre.

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. (*kemassi samia lombrics*) (figure04).

Les vers sont généralement absents dans des sols très acides ($\text{pH} < 3.5$) et sont peu nombreux dans les sols à $\text{pH} < 4.5$ (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).

I-4-3-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

I-4-4-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 superficiel 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 Gutierrez 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.

I-5- Les vers de terre et la fertilité biologique des sols

Cette nouvelle approche considère les vers de terre comme des alliés naturels et comme les principaux contributeurs à la fertilisation des sols. “ Mon seul engrais, ce sont les vers de terre ”, affirme le producteur. Cette vérité peut paraître bien peu scientifique et pourtant, elle est confirmée par plusieurs études, dont celle menée au Canada par (Odette Ménard), spécialiste de la conservation des sols et de l'eau : “ *les turriculées 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 ”. Selon des essais menés par Base, “ les vers de terre sont capables de dégrader l'équivalent de 6 tonnes de paille par ha en seulement trois mois ”. Par ailleurs, des chercheurs de l'université de Munich ont mesuré un “gain de terre ” de l'ordre de 27 cm en 25 ans de non-labour chez (Manfred Wenz) ; qui parle d'ailleurs de “ terre de vers de terre ”

I-6- 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.

I-6-1-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 (figure05).



Figure 05. Galerie de ver de terre tapissée de déjections (PELOSI, 2008).

I-6-2-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).

I-6-3-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 (figure06). 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).



Figure 06. Les turicules des vers de terre (TALBI, 2016).

I-7-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 couts 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).

I-8-Importance environnementale

La forte industrialisation et la croissance démographique ont un impact réel sur l'environnement, notamment par la production importante des déchets organiques qui posent des défis majeurs de gestion dans les pays tropicaux, en général et ceux en voie de

développement, en particulier (Temgoua et al., 2014). C'est pour répondre à ces défis que plusieurs voies sont explorées, dont celle du traitement organique des déchets à travers le vermicompostage (Yadav & Garg, 2011). Plusieurs espèces, dont *E. eugeniae*, utilisées dans le processus de vermicompostage sont issues des pays tropicaux (Temgoua et al., 2014). L'utilisation des espèces locales pour la transformation des matières organiques est un atout pour l'environnement (Dominguez & Gomez- Brandon, 2012). *Eudrilus eugeniae* est également un atout majeur grâce à son utilisation dans la gestion des déchets urbains (Loongyai et al., 2011) et dans la détoxification des sols (Jones & Lowe, 2012). Ce ver de terre permet de réduire de près de 30 % les déchets organiques. Le vermicompostage ne génère pas d'odeur en principe (Chaoui, 2010). Aux Philippines, Adorada (2007) rapporte que le vermicompostage a permis de réduire les pollutions de l'air par la baisse du recours au feu pour la destruction des déchets organiques dans les fermes agricoles. C'est un apport non négligeable pour la préservation de l'environnement. Le potentiel de biodégradation des déchets organiques par *E. eugeniae* a été rapporté par Okwor et al. (2012) au Nigéria, où la production de déchets organiques est estimée à 0,45 kg par personne par jour. Au nord Vietnam, les effets positifs du vermicompostage sur l'environnement ont été rapportés par Doan et al. (2015), notamment par son impact sur la réduction de l'érosion, la baisse des eaux de ruissellement et la diminution de transfert de NH₄⁺ et NO₃⁻ dans l'eau

I-9- 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)

2-1-Considérations générales sur le cycle de l'eau

Face à la forte demande en eaux, les barrages sont appelés à assurer l'alimentation des populations en eau potable, l'irrigation des terres agricoles et l'approvisionnement des unités industrielles. L'eau est la source principale et originelle de toute vie et elle se retrouve dans l'atmosphère terrestre sous trois états :

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

La température, la pression 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. 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 (figure07). 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.

Le terme "Cycle de l'eau" nécessite la permanence des échanges entre l'eau de surface et l'eau atmosphérique, par un jeu qui combine l'évaporation et les précipitations, alors que l'évaporation qui causée par le réchauffement de la surface des océans sous l'effet du rayonnement solaire, entraîne la libération de vapeur d'eau dans l'atmosphère . Cette vapeur se déplace ensuite au gré des mouvements des masses d'air par des phénomènes de convection et d'advection. D'autre part par, soumise à des conditions favorables, la vapeur d'eau se condense pour former les nuages qui se déplacent vers les continents et se transforment partiellement en précipitation. Que ces précipitations prennent la forme de neige ou de pluie, la majorité d'entre d'elles retournent aux océans, qui occupent environ 70% de la surface de la terre (Anctil, 2005)

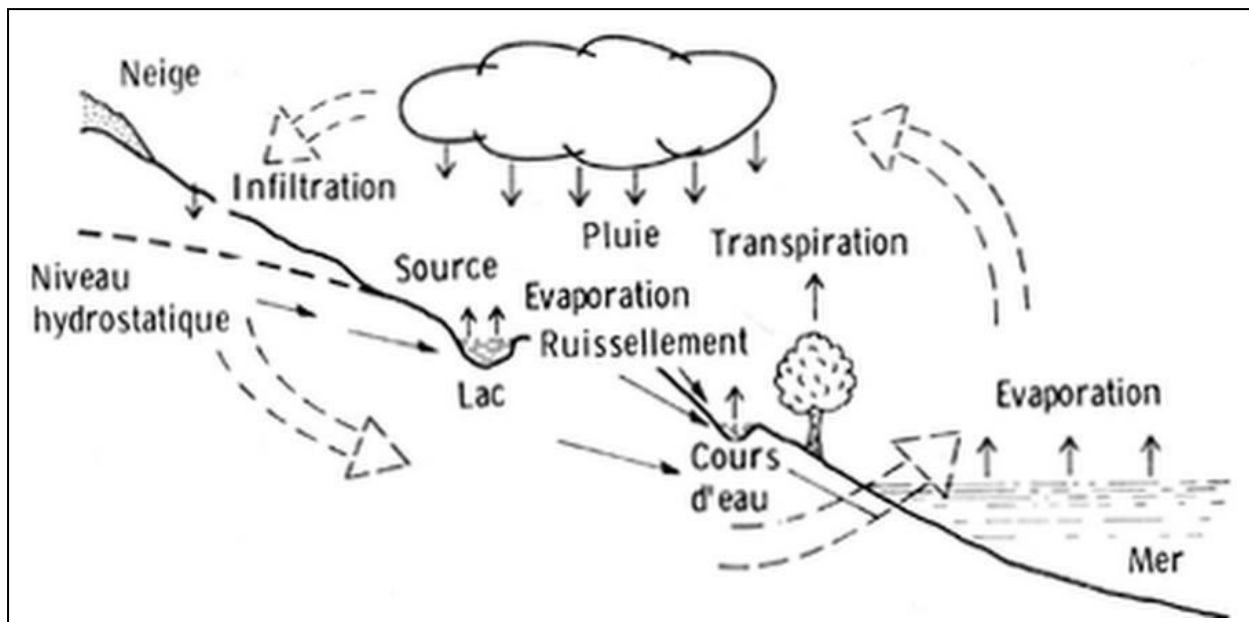


Figure 07 . Représentation du cycle de l'eau selon (Aidoudi , 2012.).

La précipitation, sous forme de pluie ou de neige, est la source d'apport en eau. Elle dépend principalement des conditions climatiques.

L'évapotranspiration correspond à l'eau qui est transpirée par les plantes et évaporée au niveau du sol. Elle dépend de la température, du type de végétation et des propriétés physiques du sol et aussi du taux d'humidité dans l'air.

Le ruissellement de surface (ou écoulement de surface) survient lors d'un événement de précipitation durant lequel la capacité d'infiltration du sol est atteinte de sorte que l'eau ne peut plus le pénétrer et s'écoule en surface. Il dépend entre autres, du climat, de la pente, du type de sol et ses propriétés physiques, et de l'utilisation du sol.

L'infiltration (qui devient l'écoulement de l'eau souterraine) se divise en deux parties:

- Le ruissellement hypodermique s'effectue près de la surface et est constitué de l'eau qui s'infiltré dans le sol et qui circule horizontalement dans les couches supérieures jusqu'à ce qu'elle fasse résurgence à la surface, par la pente du terrain ou dans un cours d'eau, ou bien jusqu'à ce qu'elle s'infiltré plus bas vers l'aquifère.

La recharge correspond à l'eau qui atteint l'aquifère. Le partage entre le ruissellement hypodermique et la recharge dépend surtout des propriétés hydrogéologiques et des formations géologiques.

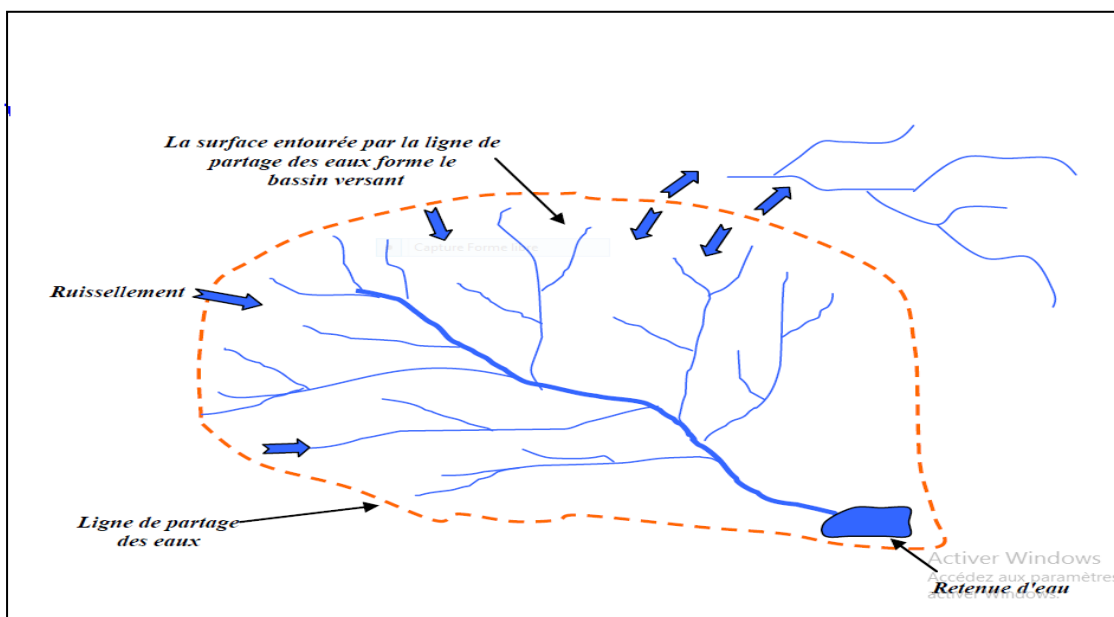
Le cycle de l'eau est donc sujet à des processus complexes et variés parmi lesquels nous citerons les précipitations, l'évaporation, la transpiration (des végétaux), l'interception, le ruissellement, l'infiltration, la percolation, l'emmagasinement et les écoulements souterrains qui constituent les principaux éléments du cycle hydrologique. Ces divers mécanismes sont rendus possibles par un élément moteur qui est le "soleil" un organe vital du cycle hydrologique. Le cycle hydrologique est donc un cycle fermé et répétitif.

2-2-Le bassin versant

Le bassin versant, appelé aussi bassin de drainage d'un oued, en un point donnée 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 08). La définition topographique d'un bassin versant fait passer ses limites par la ligne des crêtes.

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

- morphologique: forme, relief, réseau de drainage.
- superficielles: nature de sol et couverture végétale.



Source : (Aidoudi , 2012.)

Figure 08 . Schématisation du bassin versant.

2-3-Les retenues des eaux "les barrages"

Un barrage n'est pas un simple mur plus ou moins solide, c'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 (figure 09)

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.

Les barrages hydrauliques ont un indéniable rôle structurant de l'espace, mais sont aux prises à des contraintes diverses, liées à la gestion des infrastructures de la ressource, à la planification des utilisations de l'eau, en plus de la menace de la pollution abordée précédemment et de l'épineux problème de l'envasement. Ce dernier phénomène revêt une ampleur particulière dans les régions méditerranéennes, affectées d'une érosion très active (Mebarki, 2009).



Figure09. Barrage vue générale Chaffia.

Source : (Touaibia et Labouize, 2017).

❖ 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. Le bilan hydrologique est fonction des apports et des pertes en eau engendrant des fluctuations (marnage).

2-4-Equation du bilan hydrologique

Le principe du bilan hydrique revient à considérer le sol comme un réservoir d'eau et à estimer par le calcul, l'état de cette réserve en tenant compte de la quantité d'eau consommée par la culture et les apports des précipitations ou des irrigations. Le bilan hydrique des bassins versants est un outil de comptabilité pour suivre le cycle hydrologique d'un bassin versant au fil du temps. L'équation du bilan hydrologique d'un bassin versant peut s'exprimer par la formule suivante :

$$P = E + R + I \text{ ————— [1]}$$

Avec:

P – précipitations totales

E - évaporation + évapotranspiration (transpiration des plantes)

R – ruissellement de surface

I – infiltration

D'autre part il existe une autre forme d'écriture de l'équation générale du bilan hydrologique qui est comme suit:

$$P + S = E + R + (S + \Delta S) \text{ ————— [2]}$$

Dont le "**S**" est le stock et "**ΔS**" est la variation de stock.

2-5-Les facteurs qui affectent le bilan hydrologique

Pour évaluer les quantités d'eau qui participent aux différentes étapes du bilan hydrologique, on utilise les données relatives aux principaux facteurs qui peuvent affecter le bilan hydrologique. L'impact de ces données sur le bilan hydrologique est présenté dans le tableau (03) :

Tableau03 .L'impact des différents facteurs qui affectent le bilan (d'après Croteau, 2006)

Types de données	Exemple d'impact sur le bilan
Donnée météorologiques (température, précipitation, vent, rayonnement solaire et humidité relative)	Quand le sol est gelé, l'eau ne pas s'infiltrer.
Couverture végétale (profondeur des racines, densité du couvert végétal et saison de croissance des végétaux)	Plus la végétation est mature et dense, plus la transpiration est importante
Pente de terrain (Dérivées de carte topographique et du modèle numérique de terrain)	Plus la pente est abrupte, plus le ruissellement de surface est important
Carte pédologique (type de sol de surface)	Plus le sol est fin et compact, plus le ruissellement de surface est important
Image satellite d'utilisation du sol	En zone urbaine le ruissellement est plus important qu'en zone cultivée
Densité du drainage de surface (cours d'eau et drainage agricole)	La présence de nombreux cours d'eau et système de drainage agricole réduit l'infiltration efficace donc la recharge.
Cartes géologique du socle rocheux et des dépôts meubles (porosité, fracturation, ordre et superposition des unités géologiques)	Si l'aquifère est recouvert d'argile ou s'il est peu poreux et non fracturé, le ruissellement hypodermique sera très important et la recharge sera très faible.

2-6-Les éléments du bilan hydrologique

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

$$\Delta V = \text{Entrées} - \text{Sorties} \text{ ————— [3]}$$

2-6-1-Les entrées (Les apports d'eau)

L'apport en eau est considéré comme la quantité d'eau dérivée des mesures de volume non régularisés dans une zone géographique donnée transféré vers l'exutoire du bassin versant. Il représente le volume d'eau de ruissellement en surface provenant de l'eau des précipitations ou de l'accumulation annuelle de la 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).

2-6-2-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.

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.

2-6-3-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 destinés au besoin.

En plus de la faible quantité d'eau reçue par nos barrages, l'envasement accéléré et les fuites d'eau surtout à travers les appuis (Toumi et Remini 2002) représentent des pertes considérables en eau.

2-6-3-1-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.

2-6-3-2-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. Le taux d'évaporation s'exprime généralement en mm/jour, mm/mois ou mm/an (Anctil, 2005).

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).

2-6-3-3-La vidange du barrage

Pour des questions de sécurité, les barrages sont vidés tous les 10 ans. Les vidanges décennales des barrages ont pour objectif d'assurer la sécurité de l'ouvrage par visite des parties immergées. La vidange consiste à retirer tout ou partie de l'eau stockée par ouverture

des vannes de fond du barrage (fig10). Cette opération remet en suspension dans l'eau une partie des couches superficielles des sédiments déposés dans le lac depuis sa mise en eau. Les concentrations de matières en suspension (MES) augmentent alors temporairement dans la rivière, en aval du barrage, en y provoquant des déficits d'oxygène dissous et en y apportant des éléments indésirables en excès (ammoniac, fer, manganèse, phosphore, parfois métaux lourds et pesticides). Cet ensemble de changements des caractéristiques physico-chimiques du milieu est de nature à gêner certains usages de l'eau, comme par exemple la production d'eau potable. L'objectif essentiel est de limiter l'envasement des réservoirs.



Figure 10. Vidange de fond.

Source : (Touaibia et Labouize, 2017).

2-6-3-4-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.

La réglementation définit les périodes de retour de crue face auxquelles doivent résister les ouvrages selon leur taille et leur utilisation.

2-6-3-5-Les fuites

Le problème de fuites revêt une grande importance, surtout pour notre pays où le développement économique est lié aux quantités d'eau emmagasinées au sein des retenues de barrages, Le barrage de cheffia est un cas concret où le problème de fuites à travers les appuis est devenu dangereux et épineux.

2-6-3-6-L'infiltration

L'infiltration qualifie le transfert de l'eau à travers les couches superficielles du sol, lorsque celui-ci reçoit une averse ou s'il est exposé à une submersion.

L'infiltration est conditionnée par les principaux facteurs ci-dessous (Llamas, 1993) :

L'épaisseur de la couche saturée du sol.

- L'humidité du sol.
- La compaction due à l'impact des gouttes d'eau sur le sol.
- Le mouvement des particules fines dans le processus d'infiltration; celles-ci jouent le rôle de filtre.
- La compaction due à l'homme et aux animaux.
- La couverture végétale.
- La température en raison de l'écoulement laminaire de l'eau infiltrée, tout changement de viscosité influence nécessairement la capacité d'infiltration.
- Le gel.
- La quantité d'air dans le sol

Les facteurs les plus influents, pour une même topographie, sont le type de sol, sa couverture et son taux initial d'humidité.

3-1-Présentation de la zone d'étude

Le barrage de la Cheffia, achevé en 1965, est constitué par une digue en terre de retenue normale, 165 m. Cette retenue permet de régulariser annuellement 95 Hm³ pour les besoins du périmètre irrigué de Bounamoussa (W. El Tarf), de la ville d'Annaba et des industries de la région notamment la sidérurgie d'El Hadjar et éventuellement la daïra de Bouhadjar et le périmètre de Cheffia (Derradji, 2016).

Le barrage de la Cheffia sur l'oued Bounamoussa est situé à 40Km au Sud-Est à l'amont de la ville d'Annaba, et 42 Km au Sud-Ouest d'El Tarf sur la commune de Cheffia et Daïra de Bouteldja. S'étend sur une superficie de 1000 ha (fig11). 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 Cheffi

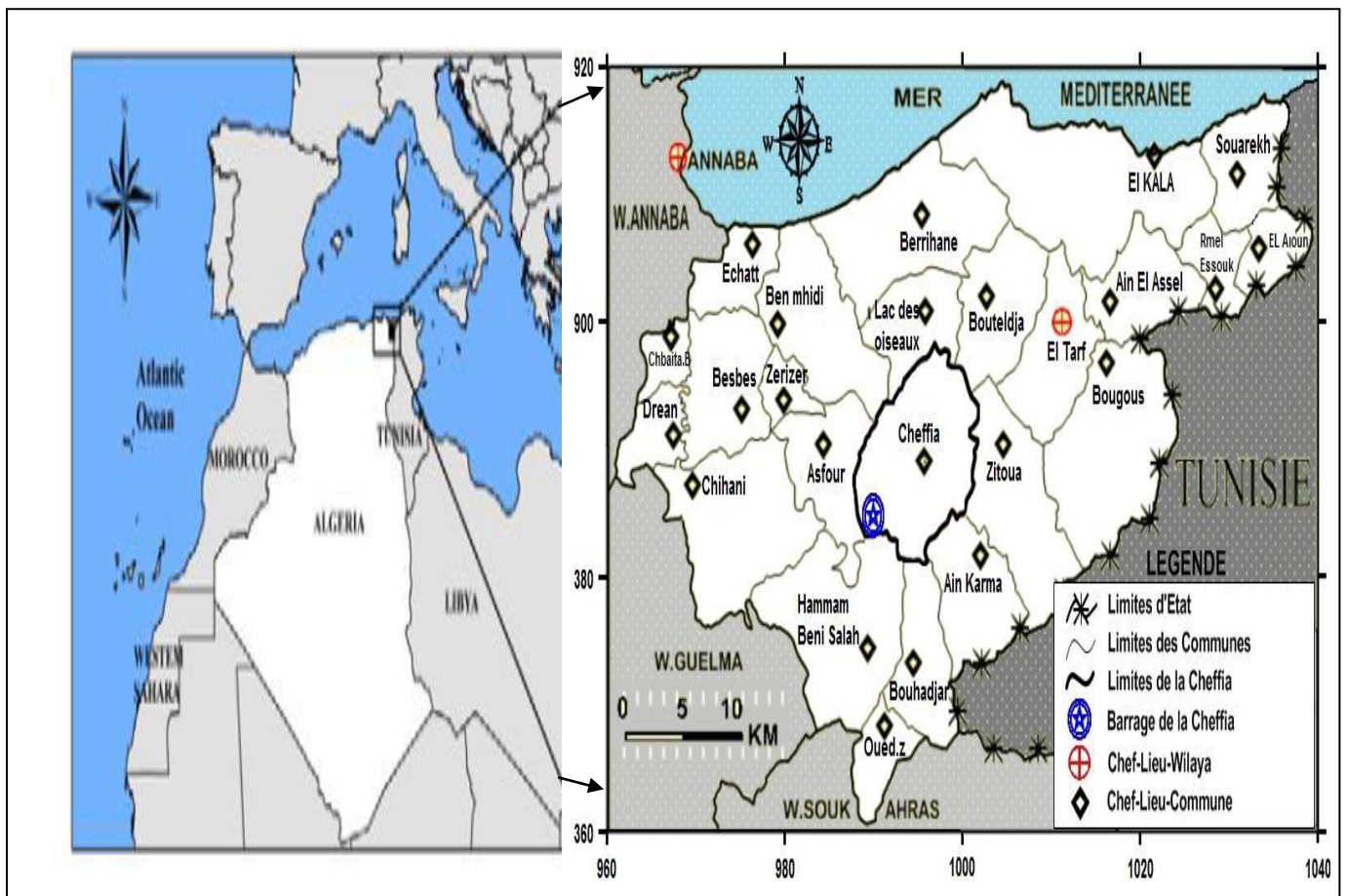
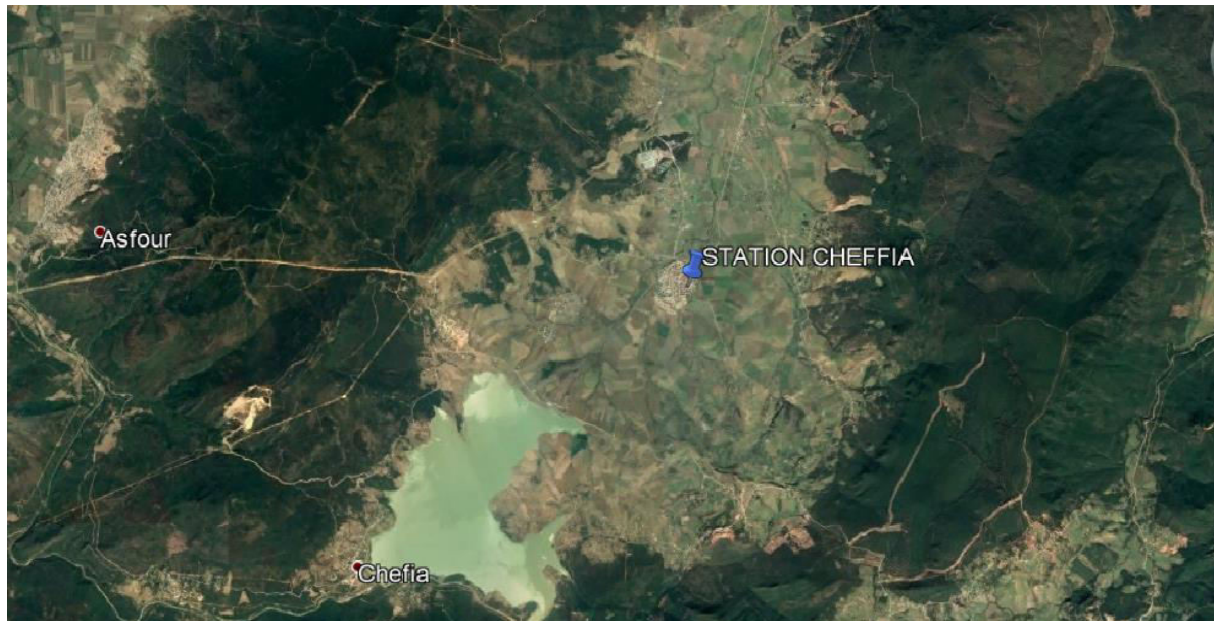


Figure 11. Situation géographique du barrage de Cheffia (Derradji, 2016).



Source : google earth 2020.

Figure12 . Localisation du barrage de Cheffia.

3-2- Caractéristiques de la région

3-2-1- Contexte climatique

La station de cheffia est exposée à un climat méditerranéen humide et doux caractérisé par des hivers pluvieux et froids et des étés secs et chauds.

La pluviométrie annuelle moyenne varie de 644 mm à 932 mm, janvier est le mois le plus pluvieux avec une pluviométrie moyenne annuelle de 680 mm enregistrée entre 1970/1971 et 2011/2012 .Les variations thermiques soulignent que janvier et Février est le mois le plus froid avec des températures moyennes d'environ 8 ° C. Alors que les mois les plus chauds sont Juillet et août avec des températures moyennes d'environ 29,7 ° C.

3-2-2- Contexte pédologique

En se basant sur la carte des sols de constantine de 1948 Bouhadeb et al (2018) présentent une nouvelle carte des sols du bassin versant de cheffia. Les sols du BV de cheffia sont dominé par sols podzoliques (Fig.13). Ils ont établis cinq classes de sols; (I) sol podzolique sous les forêts de chênes- lièges, situé sur des reliefs dont l'altitude est comprise entre 800 et 1405 m; il se forme sur les grès Numidie, sur leurs éboulis, sur les lits supérieurs de grès certaines des argiles Numidia qui ont de la lumière et sols de surface sablonneux; (II) sol calcaire qui peut être inclus dans un horizon sol maître riche en calcaire, dans des textures légères et perméables, en quaternaire formations de gravier, de sable et de limon. (III) sol alluvial qui se compose de dépôts alluviaux avec un indifférencié profil, alluvion quaternaire continentale

formations, dépôts en terrasses dans lesquels la végétation est encore herbacée; (IV) vertisols à haute teneur en argile. situé sur les reliefs inférieurs à 800 m, et occupant 20% du bassin versant; v) rendzine de un horizon humifère, directement fixé sur le substrat rocheux carbonaté.

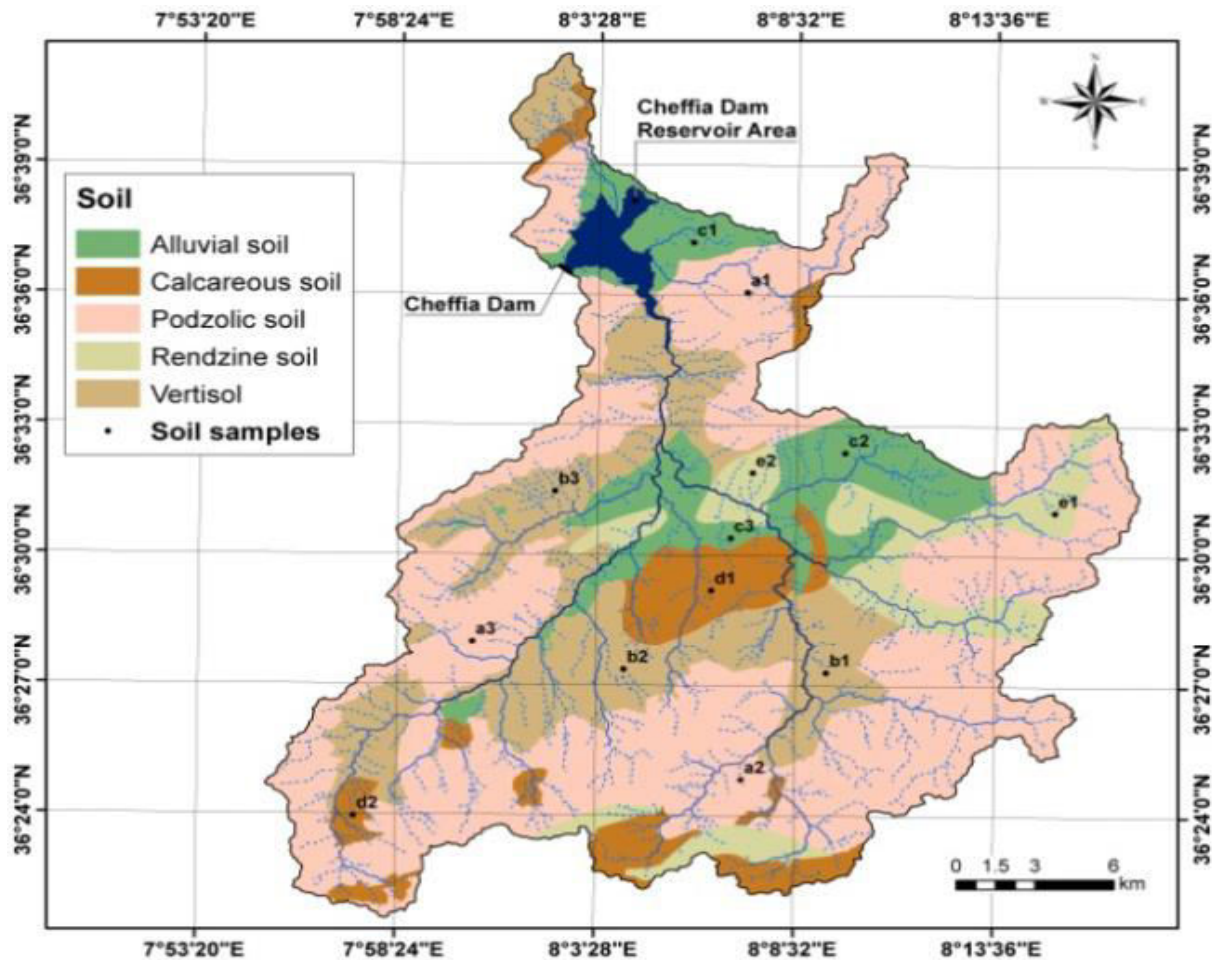


Figure 13. Carte des sols de la zone d'étude

Source : (BOUHADEB ,2017.)

3-2-3-Occupation du sol

Le barrage de la cheffia se caractérise par la diversité de sa végétation naturelle:

Selon Bouhadeb et al (2018), plus de la moitié du barrage (52%) est occupée par végétations forestières constituées principalement de chêne-liège et le chêne zen, principalement localisés dans la partie supérieure et médiane du barrage (Fig. 14) :

- Les cultures annuelles, dominées par les céréales, représentent 19,30% de la superficie totale, dispersée principalement dans centre du barrage.
- Alors les parcours occupent environ 15,06% de la superficie totale.

Les buissons représentent un pourcentage de 10,60% de barrage, ces buissons indiquent le relatif stade avancé de la dégradation des forêts;

□ le reste 3,09% du la zone d'étude est occupé par des terres et zones urbanisées.

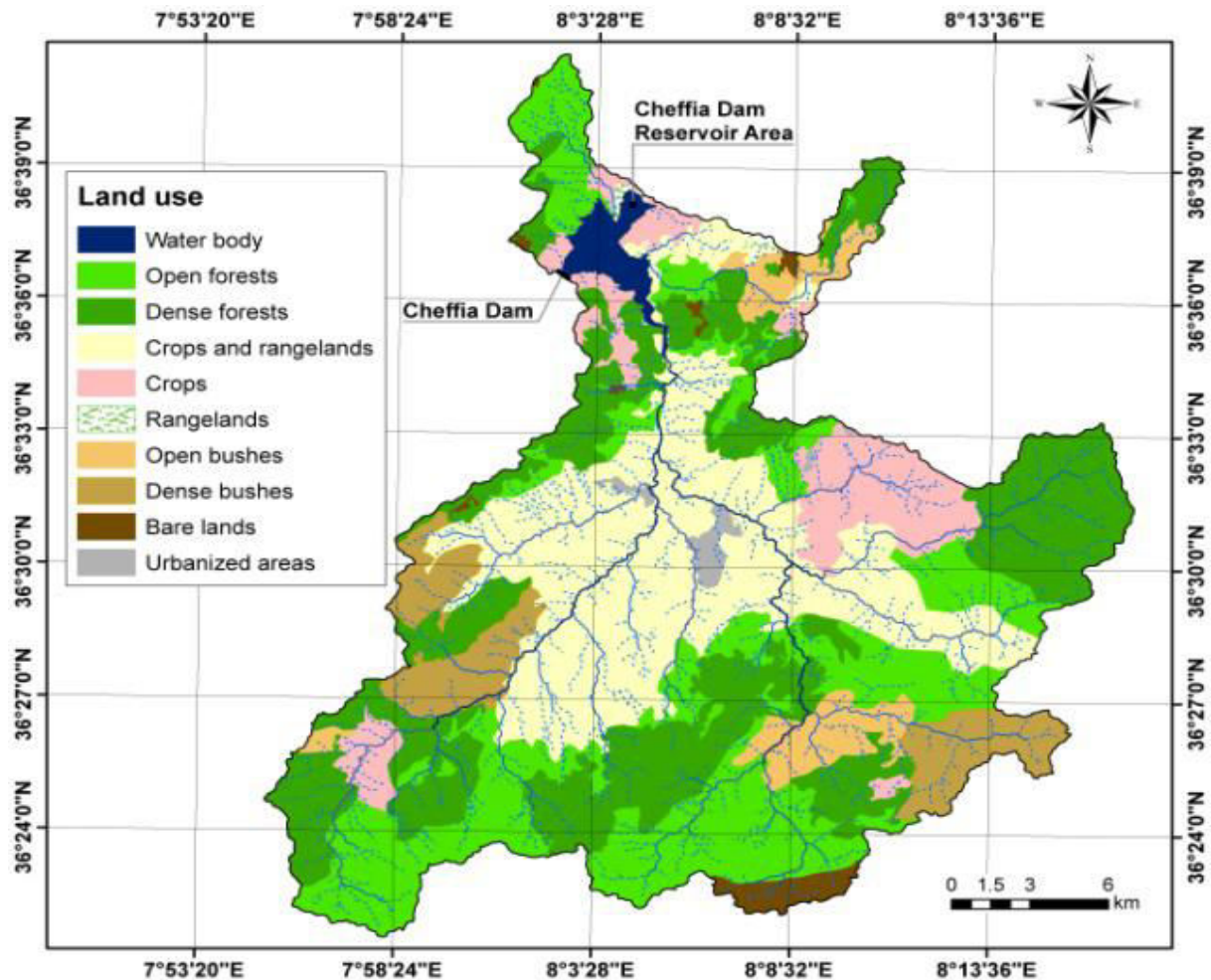


Figure14. Carte d'utilisation des terres de la zone d'étude(barrage de cheffia).

Source : (BOUHADEB et all. ,2018.)

3-2-4-Qualité d'eau

Selon l'administration du barrage de cheffia les résultats de la qualité des eaux du barrage en surface sont représentés dans le tableau(04) suivants :

Tableau 04. Qualité d'eau du barrage de Cheffia durant le mois de Décembre 2015 et Février 2016 (administration du barrage).

usage	Capacité (Hm³)	Volume (Hm³)	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
	158.830	81.173	7.67	280	101.85	1	0.089	0.000	0.006	2	18	7.7

3-2-5- Caractéristiques du barrage de Cheffia

La digue est en terre compactée (Tableau 05) 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 05 .Caractéristiques de la digue du barrage (DERRADJIE 2016).

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 d'énormes problèmes de gestion de l'eau du point de vu distribution, les besoins en eau agricole n'ont pas été satisfaits à 100% en raison d'un échec lié à la concurrence intersectorielle.

Échec en raison du système agricole.

L'existence du barrage de 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 La priorité est donnée au secteur industriel et l'AEP, et enfin un secteur agricole, le périmètre d'irrigation de la Bounamoussa.

Les eaux du barrage sont en générale de bonne qualité pour l'alimentation en eau potable, industrielle et irrigation (DERRADJIE 2016).

.3-3- Matériels utilisés

Ce matériel utilise se compose de(OPVT protocole de terrain).

- 4 piquets, ficelle +mètre ruban (pour matérialisé 1 m²).
- Arrosoir de 10 L + rampe d'arrosage.
- Bouteille de formol de 200 ml.
- L'eau 80 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).
- 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.

- Google Earth pr



Photo 01. Matériel de prélèvement utilisé.

3-4-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.

3-5-Méthodologie de travail et protocole expérimentale

en utilisant la méthode au formol (Bouché, 1972; Cluzeau et al., 1999 & 2003) sur

Une zone de 1m², et un tri manuel pour le prélèvement des lombriciens

Les lombrics ont été récoltés pendant une période de marnage selon le protocole expérimental suivant (OPVT Protocol terrain) :

1-Positionner en ligne quatre zones d'échantillonnage de 1m² espacées de 100 mètres sur une surface homogène et représentative de la parcelle (hors passage de roue et sur une surface plane si possible). En prairie, raser la végétation et l'enlever juste avant de faire le prélèvement (sur la surface et environ 10 cm autour pour une meilleure visibilité).

2-Préparer la solution sur place: pour chaque arrosage, diluer 25 ml de formol dans un arrosoir de 10 L d'eau.

3-Pour chacune des quatre zones d'1m² étudiées, on applique à 15 minutes d'intervalle 2 épandages 50 ml de formol diluée (ne pas hésiter à arroser plus large que le m²), de façon homogène sur toute la surface grâce à une rampe d'arrosage. Entre les deux épandages et environ 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). 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.

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



Figure 15.localisation des stations d'études (Google Earth).

Tableau 06. Coordonnées géographique des stations d'étude (Google Earth)

Stations	Latitude Nord	Longitude Est
S1	36° 385' 52''	8° 511' 18''
S2	36° 383' 26''	8° 512' 95''
S3	36° 382' 20''	8° 511' 05''
S4	36° 382' 99''	8° 507' 67''



Photo 02. Délimitation de la station d'étude.



Photo 03. Arrosage de la station d'étude.



Photo 04. Récolte des vers de terre.



Photo 05. Lombrics échantillonnée.

3-6-Présentation des logiciels utilisés

3-6-1-Google Earth

Google Earth est un logiciel, propriété de la société Google (fig16), permettant une visualisation de la Terre avec un assemblage de photographies aériennes ou satellitaires.

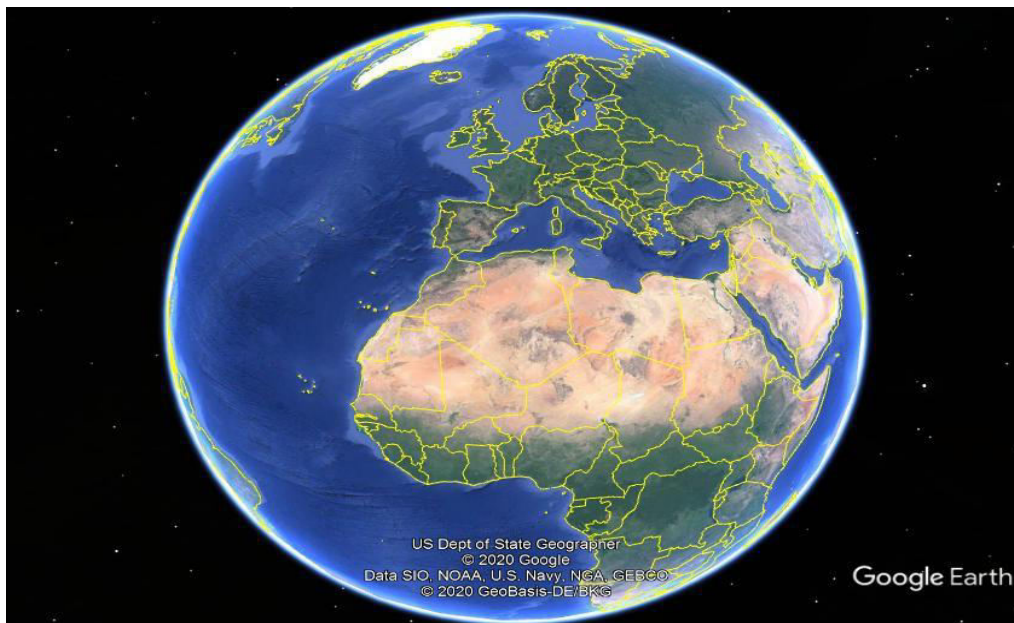


Figure 16. Logiciel Google Earth.

3-6-2- Présentation de logiciel DrinC

DrinC est un logiciel qui fonctionne sous Windows (figure 17). L'objectif principal du logiciel est de faciliter la procédure de calcul des indices de sécheresse, qui peut être une tâche compliquée en particulier dans le cas de l'évaluation de distribution spatiale des indices. Trois indices de sécheresse peuvent être calculés en utilisant DrinC (NTUA, 2007).

☒ Deciles

☒ SPI (indice de précipitation standardisé)

☒ RDI (indice de sécheresse de reconnaissance)



Figure 17. Logiciel de calcul des indices de sécheresse.

L'activité des lombrics est fonction de l'humidité et de la qualité des sols.

Dénombrer les lombrics dans notre étude nécessite la connaissance des bilans hydriques du barrage cheffia , ce bilan va nous permettre de localiser la zone de marnage .

Ce marnage est fonction aussi des périodes de sécheresse, pour cela nous avons déterminé les périodes sèches en fonction du logiciel DrinC.

Les tableaux et figures suivantes nous donnent les résultats de :

1-Evolution mensuelle et saisonnière des apports d'eau.

2- Évolution mensuelle et saisonnière des prélèvements.

3- Evolution mensuelle des paramètres climatique.

4-Bilans hydrique du barrage.

5-Périodes de sécheresse à l'aide de DrinC.

En fonction de Bilans hydrique du barrage et Périodes de sécheresse nous avons localisé les zones de marnage à l'aide de Google Earth.

4-1-Condition du marnage

4-1-1-Evolution du bilan hydrique et fonctionnement de plan d'eau

4-1-1-1-Evolution mensuelle et saisonnière des apports d'eau

Tableau 07. Évolution mensuelle et saisonnière des apports d'eau (2008-2020).

Moins/ Années	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jt	Aout	Total
2008/09	53,7	32,7	77,9	75,4	174,6	108,2	73,7	233	168,9	0	2,4	12,9	1013,4
2009/10	132,4	1,222	42,7	68,3	120,6	31,2	77,2	47,9	50,8	30,9	0,6	4,5	608,322
2011/12	2,7	130,8	61,2	130,8	81,3	322,7	74	65,9	101	0	0	0	970,4
2012/13	0	75,3	39,1	64,6	100,3	177,4	64,4	66,6	23	5,4	1,5	92,4	710
2013/14	21,1	31	217,1	45,2	94,3	43,6	161,6	19,1	30,6	3,1	0,2	2,6	669,5
2015/16	37,2	95,3	110,2	0	84,2	30,3	148	44,4	52,1	10,9	2	0	614,6
2016/17	41	44,6	60	25,1	129	108,9	6,6	52,7	0	31	0	0	498,9
2017/18	48	23,4	188,3	82,5	14,9	106,6	97,7	10,1	59,7	1,1	0	46	678,3
2018/19	11,3	174,8	50,5	89	219,1	69,1	88,8	20,2	44,2	0	0	0	767
2019/20	49	64,5	78,8	78,1	45,8	3,1	70,1	34,5	24	0	0	0	447,9

4-1-1-2-Évolution mensuelle et saisonnière des prélèvements 2019/2020

Tableau 08. Évolution mensuelle et saisonnière des prélèvements 2019/2020.

Moins	AEP	IND	IRR	PERTES	TOTALE
Septembre	0.496	0	0.599	0	1.095
Octobre	0.496	0.775	/	3.826	5.097
Novembre	0.480	0.750	/	3.596	4.826
Décembre	0.496	0.755	/	2.397	3.668
Janvier	0.496	0.700	/	3.149	4.345
Février	0.464	0.372	/	4.876	5.712
Mars	0.496	0.775	/	3.801	5.072
Avril	0.496	0.750	/	2.768	4.014
Mai	0.496	0.775	/	6.821	8.092

4-1-2-Evolution mensuelle des paramètres climatiques des dix dernières années

Tableau 09. Evolution mensuelle des paramètres climatique (station barrage Cheffia).2008-2009.

Moins	T° de l'air		T° de l'eau		Evaporation		Pluie (mm)	Direction de vent
	Max	Min	Max	Min	Max	Min		
Septembre	43	26	23	9	0.035	0.007	53,7	w-s-N
Octobre	28	20	15	8	0.034	0.004	32,7	W-s-w
Novembre	26	17	15	4	0.033	0.004	77,9	N-w-E
Décembre	21	15	7	0	0.019	0.002	75,4	E-W
Janvier	17	13	8	0	0.010	0.001	174,6	W-S
Février	19	14	6.5	-2	0.014	0.004	108,2	W-E
Mars	22	13	16	1	0.017	0.004	73,7	W-E
Avril	32	14	14	3	0.026	0.004	233	W-E
Mai	38	18	18	5	0.027	0.006	168,9	W-E
Juin	36	23	20	10	0.041	0.022	0	W-E
Juillet	42	30	23	12	0.042	0.026	2,4	E
Aout	40	33	19	12	0.044	0.015	12,9	W-E

Tableau 10. Evolution mensuelle des paramètres climatique (station barrage Cheffia).2009-2010.

Moins	T° de l'air		T° de l'eau		Evaporation		Pluie (mm)	Direction de vent
	Max	Min	Max	Min	Max	Min		
Septembre	37	20	19	11	0.033	0.007	132,4	E-W
Octobre	28	18	15	5	0.024	0.005	1,222	W-E-S
Novembre	26	15	9	2	0.016	0.005	42,7	E-S
Décembre	24	15	14	1.5	0.015	0.003	68,3	W-S
Janvier	20	14	12	2	0.016	0.003	120,6	W
Février	22	12	10	2.5	0.017	0.003	31,2	W-E
Mars	27	13	10	1	0.020	0.004	77,2	E-W
Avril	27	18	14	4	0.021	0.004	47,9	S-W
Mai	31	16	16	5	0.034	0.004	50,8	N-E-W
Juin	30	22	14	7	0.032	0.014	30,9	N-S
Juillet	40.5	26	18	11	0.043	0.027	0,6	S
Aout	38	27	23	11	0.044	0.022	4,5	W

Tableau 11. Evolution mensuelle des paramètres climatique (station barrage Cheffia).2011-2012.

Moins	T° de l'air		T° de l'eau		Evaporation		Pluie (mm)	Direction de vent
	Max	Min	Max	Min	Max	Min		
Septembre	37	26	18	9	0.033		2,7	S
Octobre	24	13	8	2	0.017		130,8	N
Novembre	25	19	10	4	0.028		61,2	N-W
Décembre	24	13	8	2	0.017		130,8	N
Janvier	20	14	8	0	0.011		81,3	N
Février	17	9	8	1	0.019		322,7	E
Mars	26	11	11	3	0.022		74	N
Avril	36	18	12	5	0.049		65,9	N
Mai	27	20	11.5	5	0.027		101	N
Juin	39	26	28	8	0.047		0	/
Juillet	42	29	22	12.5	0.057		0	/
Aout	40	33	24	14	0.047		0	/

Tableau 12. Evolution mensuelle des paramètres climatique (station barrage Cheffia).2012-2013.

Moins	T° de l'air		T° de l'eau		Evaporation		Pluie (mm)	Direction de vent
	Max	Min	Max	Min	Max	Min		
Septembre	39	25	17	9.5	0.037	0.007	0	N
Octobre	32	20	18	4	0.025	0.001	75,3	/
Novembre	30	17	15	3	0.015	0.003	39,1	N
Décembre	23	16	8	2	0.013	0.003	64,6	N
Janvier	22	15	8	0	0.011	0.003	100,3	N
Février	21	0	7	0	0.009	0.004	177,4	N-E
Mars	24	0	12	2	0.014	0.005	64,4	E-S-N
Avril	26	16	12.5	3	0.017	0.008	66,6	S-N
Mai	27	18	12	5	0.025	0.005	23	N
Juin	40	22	15	6	0.028	0.017	5,4	E
Juillet	40	27	16	9.5	0.029	0.019	1,5	/
Aout	37	27	17	10	0.039	0.017	92,4	S

Tableau 13. Evolution mensuelle des paramètres climatique (station barrage Cheffia).2013-2014.

Moins	T° de l'air		T° de l'eau		Evaporation		Pluie (mm)	Direction de vent
	Max	Min	Max	Min	Max	Min		
Septembre	34	26	16	11	0.023	0.008	21,1	S
Octobre	36	26	16.5	8	0.021	0.007	31	/
Novembre	26	13	10	2	0.019	0.004	217,1	N-S-W
Décembre	20	12	5.5	0	0.013	0.003	45,2	S
Janvier	21	15	6	0	0.011	0.003	94,3	N-S-W
Février	26	14	7	2	0.012	0.002	43,6	W-S
Mars	22	10	8	2	0.027	0.004	161,6	W-S
Avril	27	18	11	3	0.022	0.006	19,1	W-S
Mai	33	18	11	5	0.026	0.007	30,6	S
Juin	37	19	12	4	0.034	0.014	3,1	S
Juillet	42	29	12	6	0.039	0.022	0,2	/
Aout	38	28	12	5	0.046	0.023	2,6	/

Tableau 14. Evolution mensuelle des paramètres climatique (station barrage Cheffia).2015-2016.

Moins	T° de l'air		T° de l'eau		Evaporation		Pluie(mm)	Direction de vent
	Max	Min	Max	Min	Max	Min		
Septembre	37	13	/	/	0.054	0.011	37,2	/
Octobre	34	6	/	/	0.026	0.004	95,3	/
Novembre	25	3	/	/	0.018	0.002	119,2	/
Décembre	12	2	/	/	0.008	0.003	0	/
Janvier	23	3	/	/	0.008	0.001	84,2	W
Février	22	12	/	/	0.013	0.002	30,3	W
Mars	31	5	/	/	0.031	0.004	148	W
Avril	26	6	/	/	0.031	0.004	44,4	S
Mai	38	7	/	/	0.033	0.005	52,1	/
Juin	36	12	/	/	0.032	0.008	10,9	/
Juillet	39	14	/	/	0.035	0.016	2	/
Aout	38	18	/	/	0.030	0.023	0	/

Tableau 15. Evolution mensuelle des paramètres climatique (station barrage Cheffia).2016-2017.

Moins	T° de l'air		T° de l'eau		Evaporation		Pluie (mm)	Direction de 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-S-W
Novembre	30	9	/	/	0.011	0.002	60	/
Décembre	21	7	/	/	0.007	0.002	25,1	/
Janvier	18	2	/	/	0.00	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	/
Mai	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 16. Evolution mensuelle des paramètres climatique (station barrage Cheffia).2017-2018.

Moins	T° de l'air		T° de l'eau		Evaporation		Pluie (mm)	Direction de 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	0.025	0.018	0	/
Aout	36	29	23	17	0.026	0.022	46	/

Tableau 17. Evolution mensuelle des paramètres climatique (station barrage Cheffia).2018-2019.

Moins	T° de l'air		T° de l'eau		Evaporation		Pluie (mm)	Direction de vent
	Max	Min	Max	Min	Max	Min		
Septembre	32	24	22	13	0.023	0.013	11,3	/
Octobre	26	19	16	7	0.012	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 18. Evolution mensuelle des paramètres climatique (station barrage Cheffia).2019-2020.

Moins	T° de l'air		T° de l'eau		Evaporation		Pluie (mm)	Direction de 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	40,1	/
Avril	26	17	18	8	0.013	0.008	34,5	/
Mai	34	18	18	10	0.016	0.009	24	/

4-2-Résultats des bilans hydriques des dix dernières années

4-2-1-Variation mensuelle et saisonnière des bilans

Tableau 19. Bilan mensuelle de l'année 2008-2009.

Mois	Entrés	Sorties	Excès/déficit (mm)
Septembre	53,7	6,277	47,423
Octobre	32,7	4,925	27,775
Novembre	77,9	3,983	73,917
Décembre	75,4	4,448	70,952
Janvier	174,6	2,634	171,966
Février	108,2	2,978	105,222
Mars	73,7	3,487	70,213
Avril	233	3,378	229,622
Mai	168,9	3,881	165,019
Juin	0	8,297	-8,297
Juillet	2,4	10,759	-8,359
Aout	12,9	5,774	7,126

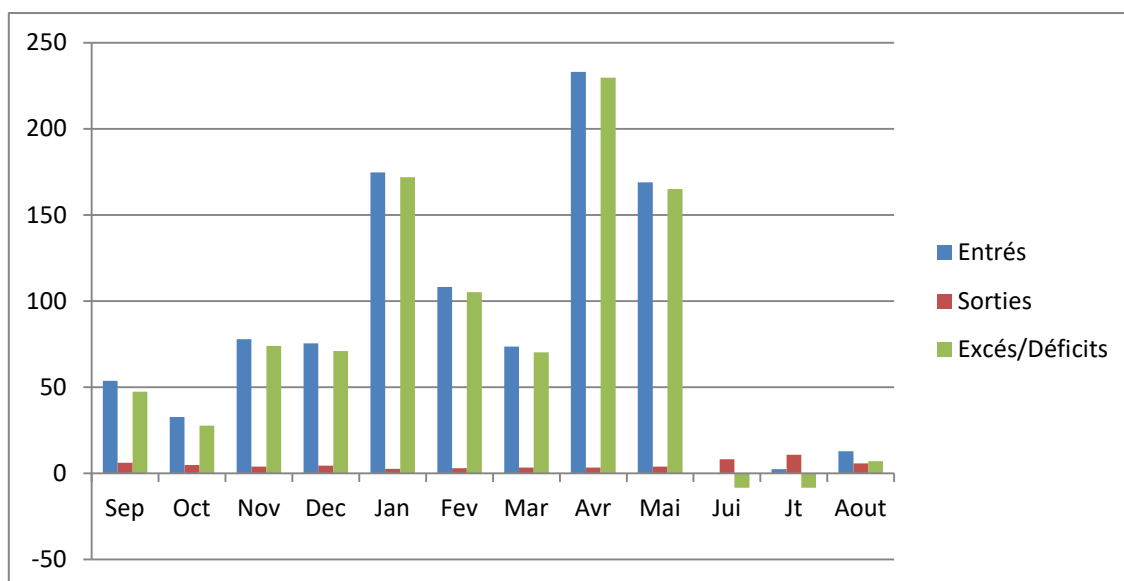


Figure 18. Bilan annuel 2008/2009.

Tableau 20. Bilan mensuelle de l'année 2009-2010.

Mois	Entrés	Sorties	Excès/déficit (mm)
Septembre	132,4	5,53	126,87
Octobre	1,222	4,096	118,104
Novembre	42,7	3,684	39,016
Décembre	68,3	3,682	64,618
Janvier	120,6	3,976	116,624
Février	31,2	3,245	27,955
Mars	77,2	4,012	73,188
Avril	47,9	4,263	43,637
Mai	50,8	6,005	44,795
Juin	30,9	9,544	21,356
Juillet	0,6	13,066	-12,466
Aout	4,5	9,259	-4,759

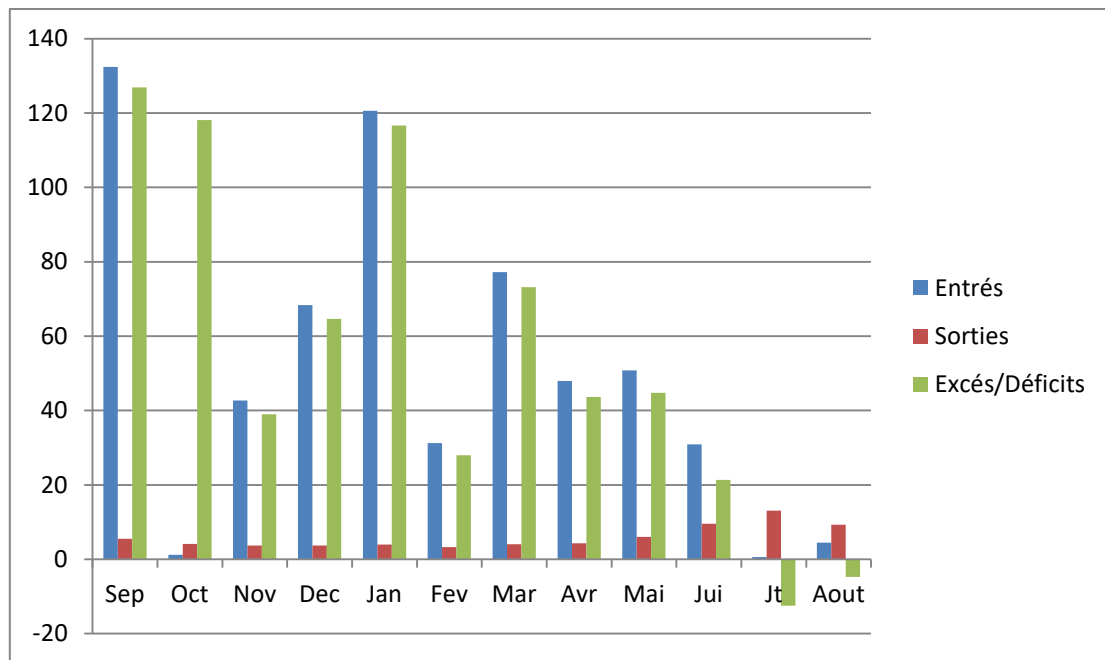


Figure 19 .bilan annuel 2009/2010.



Figure 20. Carte de Marnage 04/08/2009.

Tableau 21. Bilan mensuelle de l'année 2011-2012.

Mois	Entrés	Sorties	Excès/déficit (mm)
Septembre	2,7	8,595	-5,895
Octobre	130,8	4,254	126,546
Novembre	61,2	4,427	56,773
Décembre	130,8	4,254	126,546
Janvier	81,3	4,928	76,372
Février	322,7	4,089	318,611
Mars	74	4,379	69,621
Avril	65,9	4,694	61,206
Mai	101	5,016	95,984
Juin	0	11,32	-11,32
Juillet	0	13,725	-13,725
Aout	0	31,564	-31,564

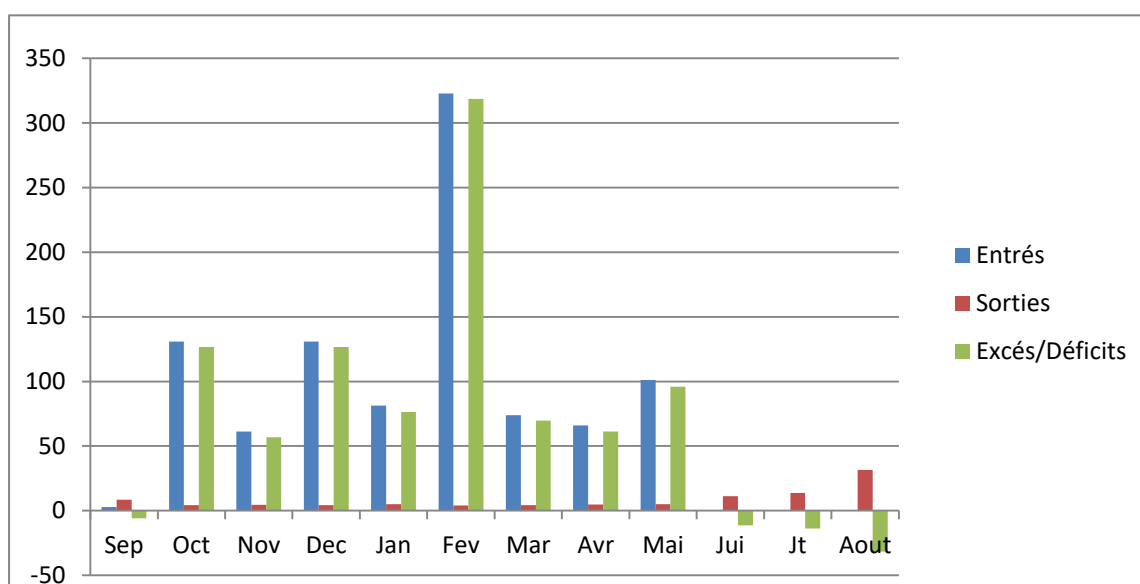
**Figure 21.** Bilan annuel 2011/2012.



Figure 22. Carte de Marnage 10/05/ 2011.

Tableau 22. Bilan mensuelle de l'année 2012-2013.

Mois	Entrés	Sorties	Excès/déficit (mm)
Septembre	0	6,137	-6,137
Octobre	75,3	6,113	69,187
Novembre	39,1	4,434	34,666
Décembre	64,6	3,197	61,403
Janvier	100,3	4,024	96,276
Février	177,4	3,364	174,036
Mars	64,4	12,538	51,862
Avril	66,6	4,362	62,238
Mai	23	6,427	16,573
Juin	5,4	10,619	-5,219
Juillet	1,5	12,709	-11,209
Aout	92,4	9,13	83,27

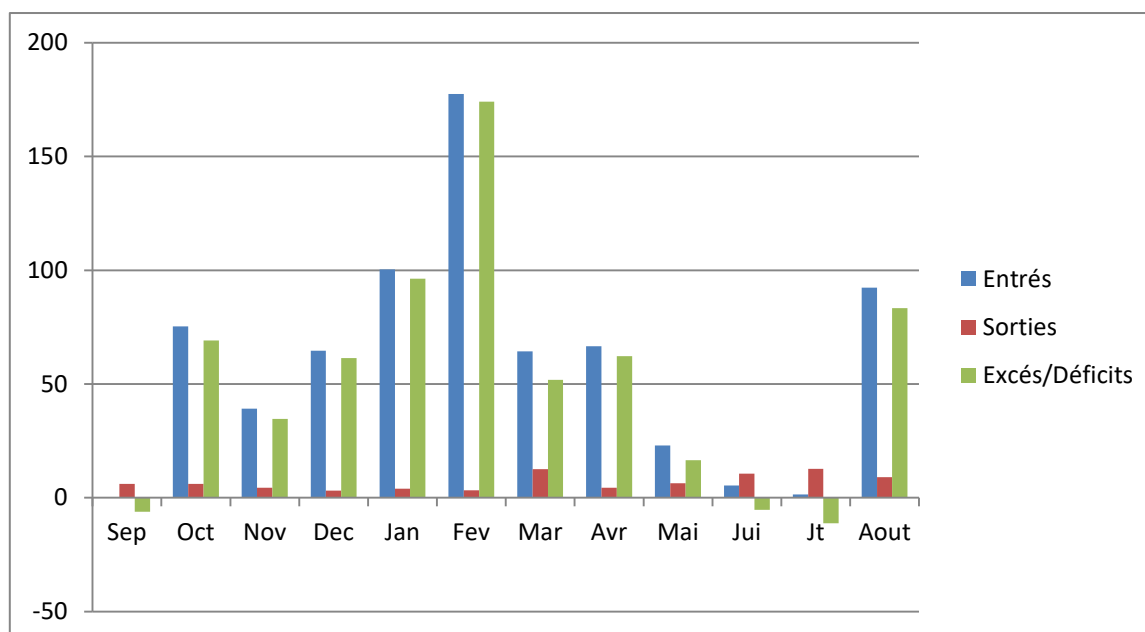


Figure 23. Bilan annuel 2012/2013.

Tableau23. Bilan mensuelle de l'année 2013-2014.

Mois	Entrés	Sorties	Excès/déficit (mm)
Septembre	21,1	6,44	14,66
Octobre	31	6,628	24,372
Novembre	217,1	3,414	213,686
Décembre	45,2	3,722	41,478
Janvier	94,3	3,742	90,558
Février	43,6	3,382	40,218
Mars	161,6	3,992	157,608
Avril	19,1	4,096	15,004
Mai	30,6	6,928	23,672
Juin	3,1	10,036	-6,936
Juillet	0,2	10,94	-10,74
Aout	2,6	9,214	-6,614

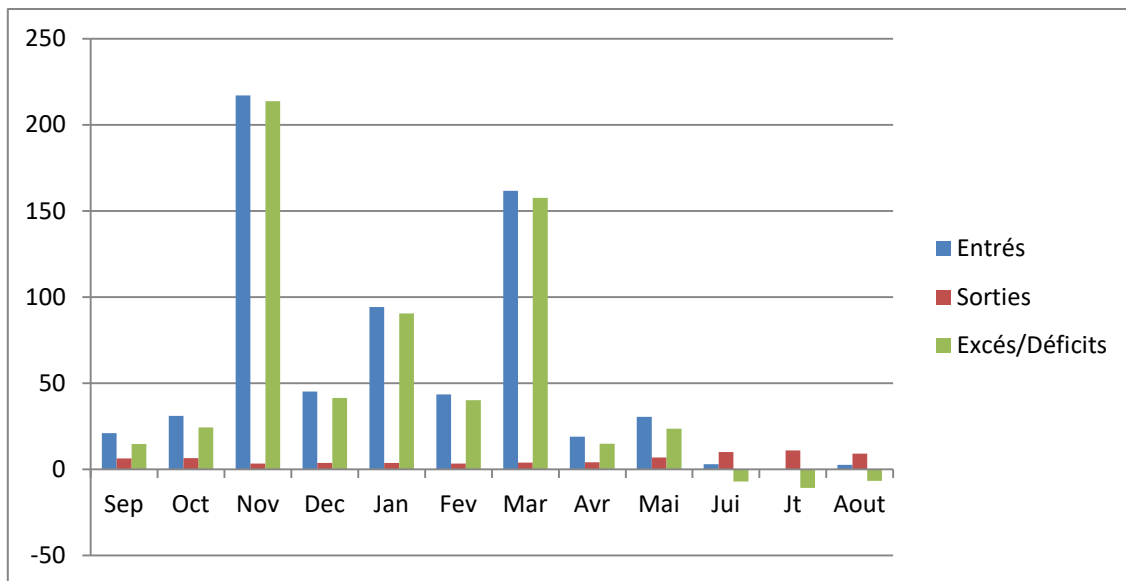


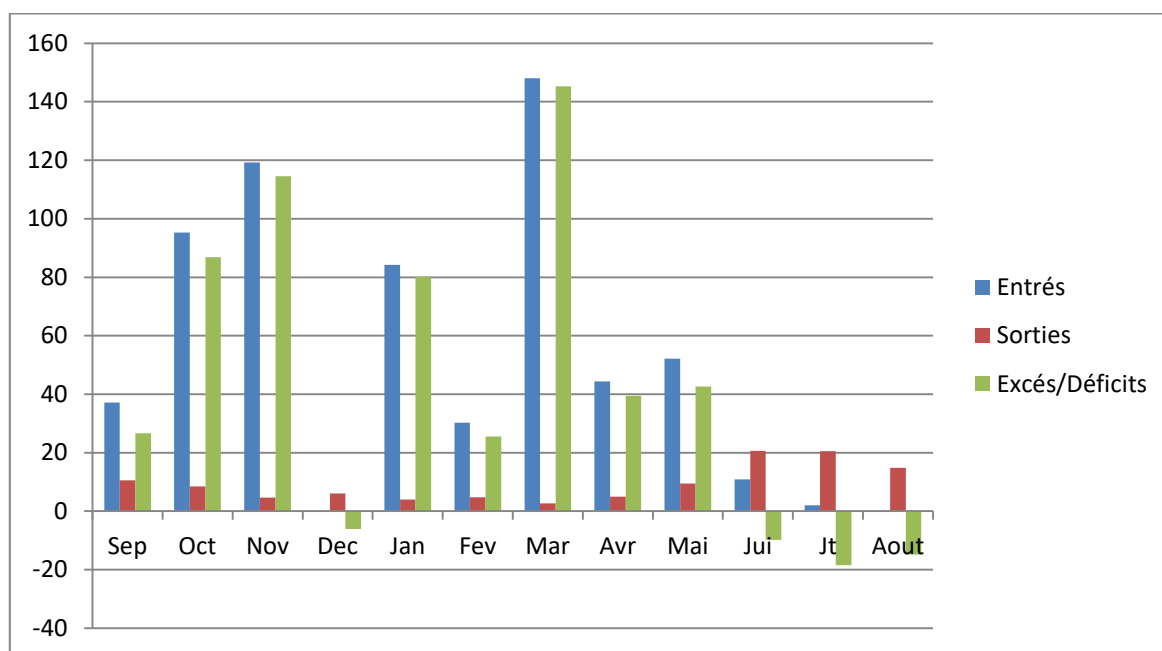
Figure 24. Bilan annuel 2013/2014.



Figure 25. Carte de Marnage22/01/ 2014.

Tableau 24. Bilan mensuelle de l'année 2015-2016.

Mois	Entrés	Sorties	Excès/déficit (mm)
Septembre	37,2	10,604	26,596
Octobre	95,3	8,45	86,85
Novembre	119,2	4,701	114,499
Décembre	0	6,094	-6,094
Janvier	84,2	4,039	80,161
Février	30,3	4,76	25,54
Mars	148	2,674	145,326
Avril	44,4	4,946	39,454
Mai	52,1	9,436	42,664
Juin	10,9	20,68	-9,78
Juillet	2	20,469	-18,469
Aout	0	14,867	-14,867

**Figure 26.** Bilan annuel 2015/2016.

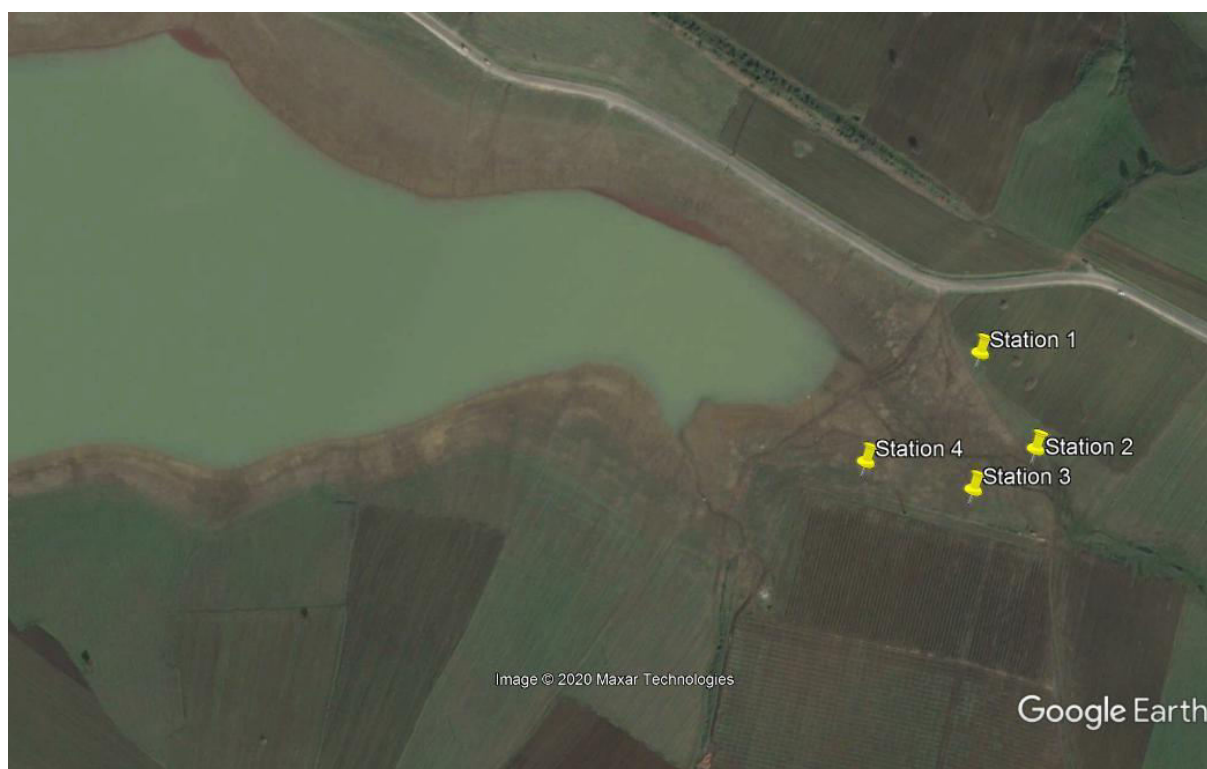


Figure 27. Marnage 20/01/2015.

Tableau 25. Bilan mensuelle de l'année 2016-2017.

Mois	Entrés	Sorties	Excès /déficit (mm)
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

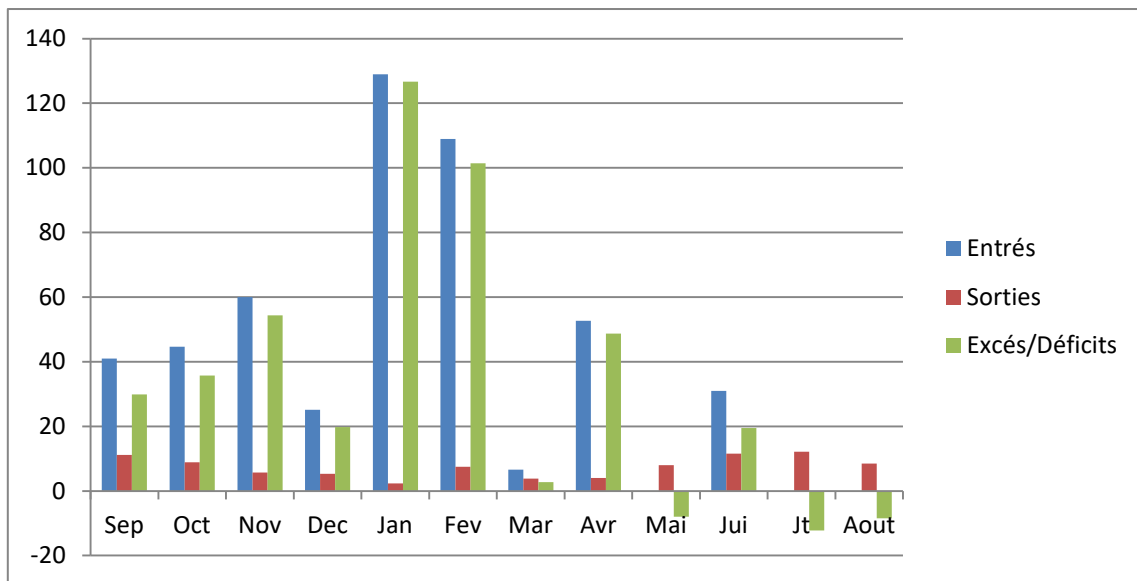


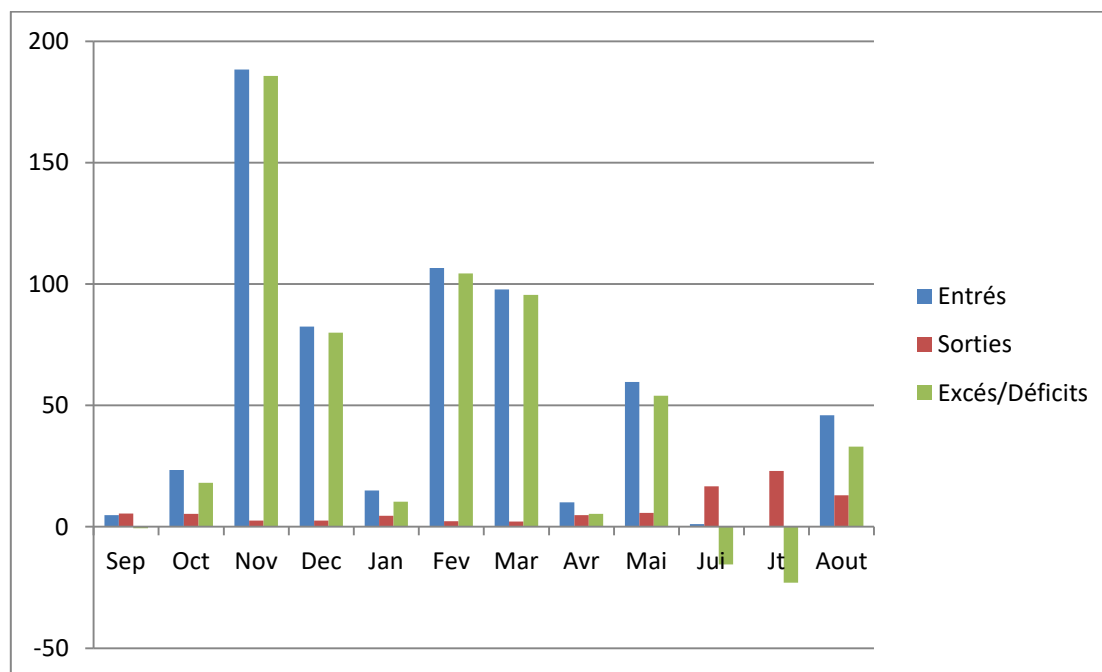
Figure 28. Bilan annuel 2016/2017.



Figure 29. Carte Marnage 25/10/2016.

Tableau 26. Bilan mensuelle de l'année 2017-2018.

Mois	Entrés	Sorties	Excès/déficit (mm)
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

**Figure 30.** Bilan annuel 2017/2018.

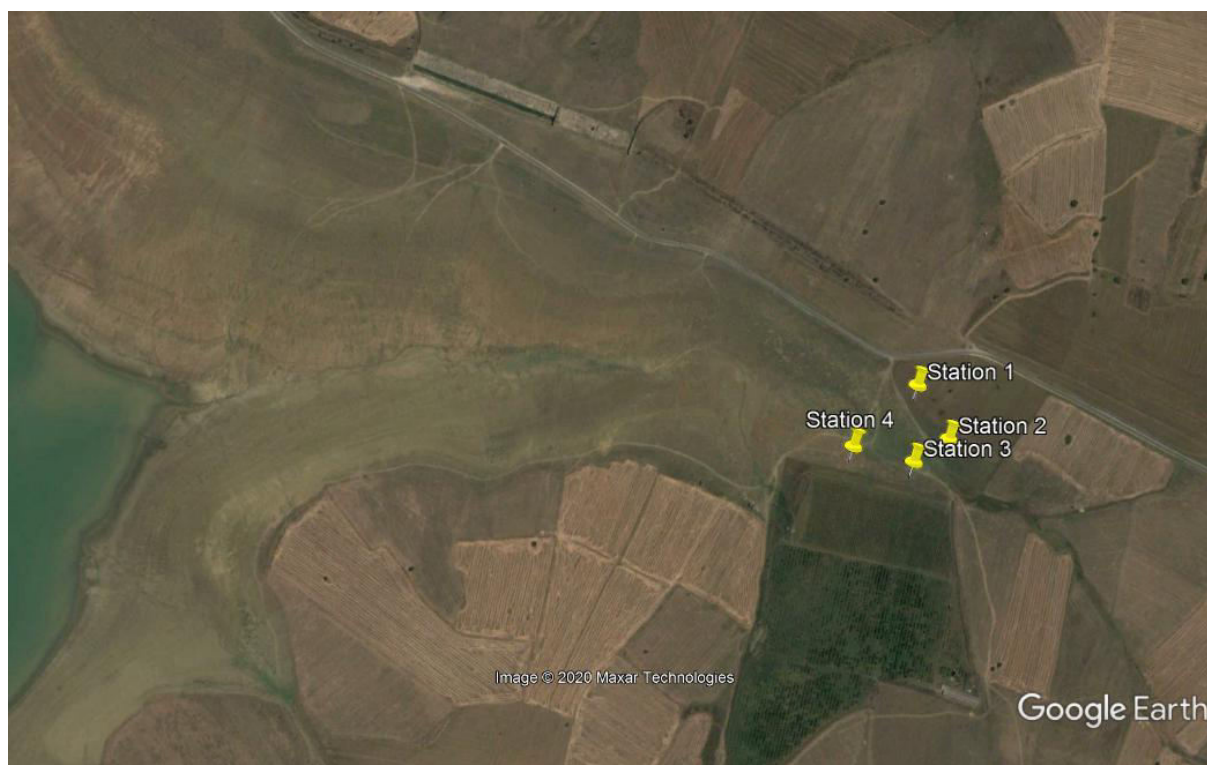


Figure 31. Carte du Marnage 20/06/2017.

Tableau 27. Bilan mensuelle de l'année 2018-2019.

Mois	Entrés	Sorties	Excès/déficit (mm)
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

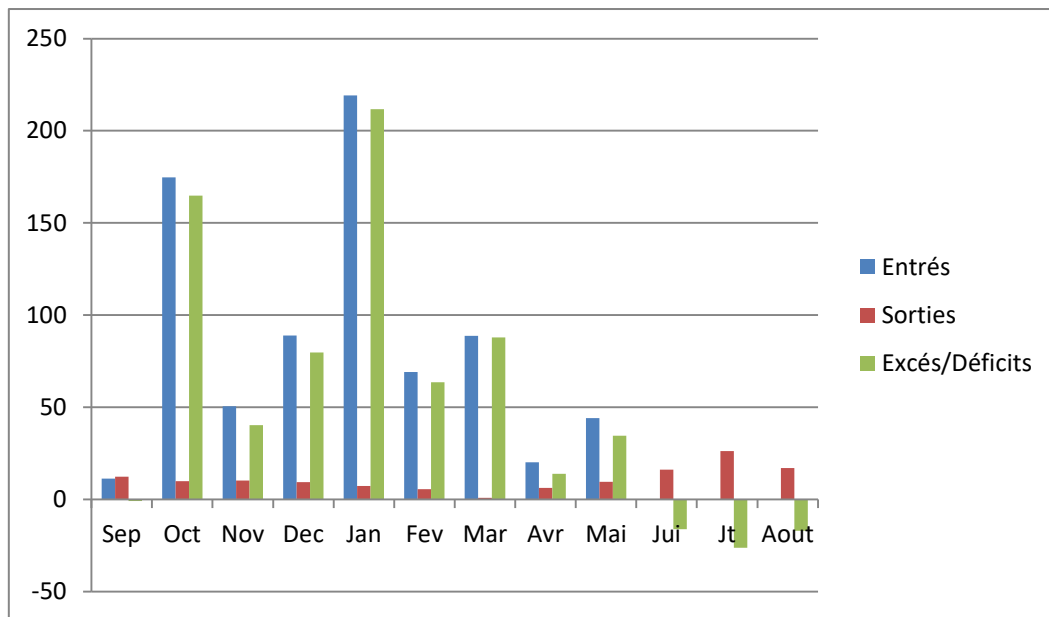


Figure 32. Bilan annuel 2018/2019.



Figure 33. Carte du Marnage 28/07/2018.

Tableau 28. Bilan mensuelle de l'année 2019-2020.

Mois	Entrés	Sorties	Excès/déficit (mm)
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	40,1	5,333	64,767
Avril	34,5	4,304	30,196
Mai	24	8,495	15,505

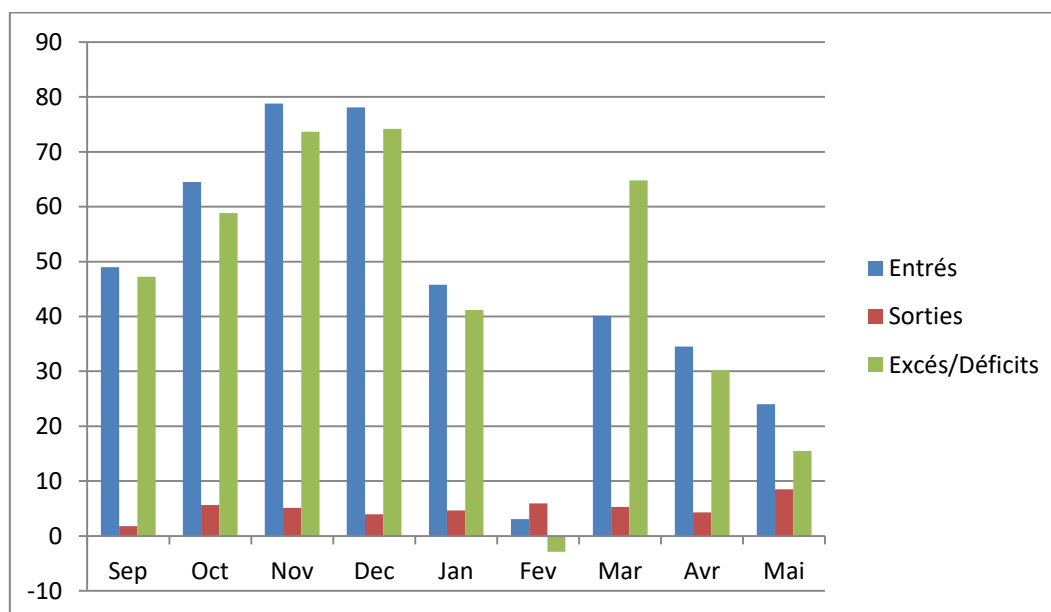
**Figure 34.** Bilan annuel 2019/2020.



Figure 35. Carte du Marnage 04/07/2019.

4-3-Résultats des SPI mensuels

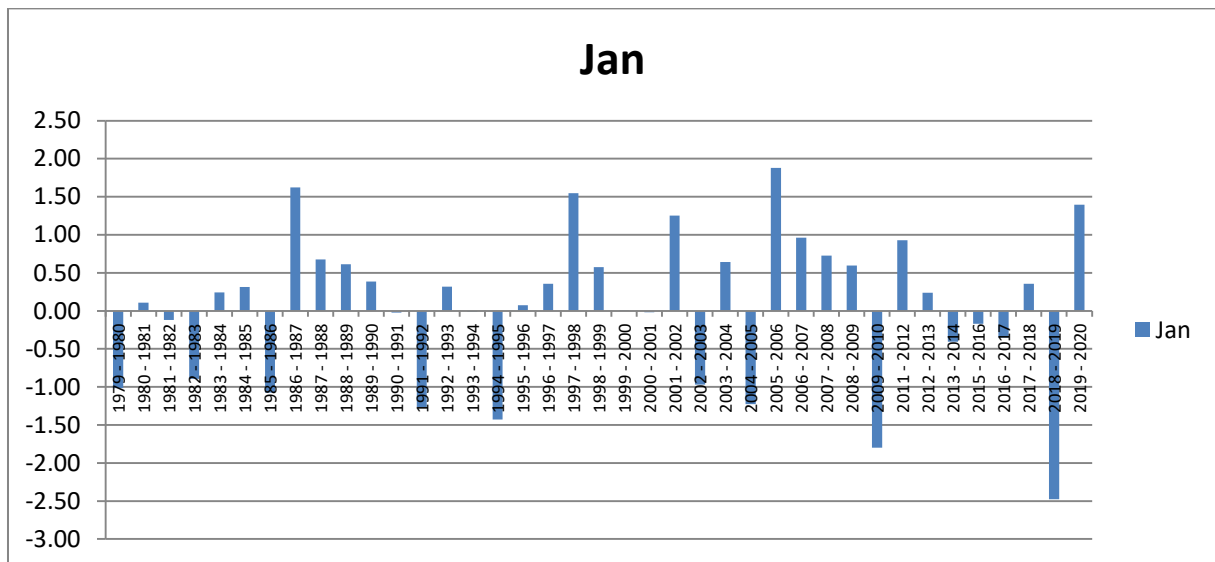


Figure 36. SPI mois de Janvier station cheffia.

En accord avec la figure 36, on distingue que les années proche de la normale enregistrées sont : (2008-2009), (2011-2018).

Une période très sèche a été enregistrée en (2009-2010)

Une année extrêmement sèche à été enregistré en (2018-2019).et l'année modérément humide enregistrée est (2019-2020).

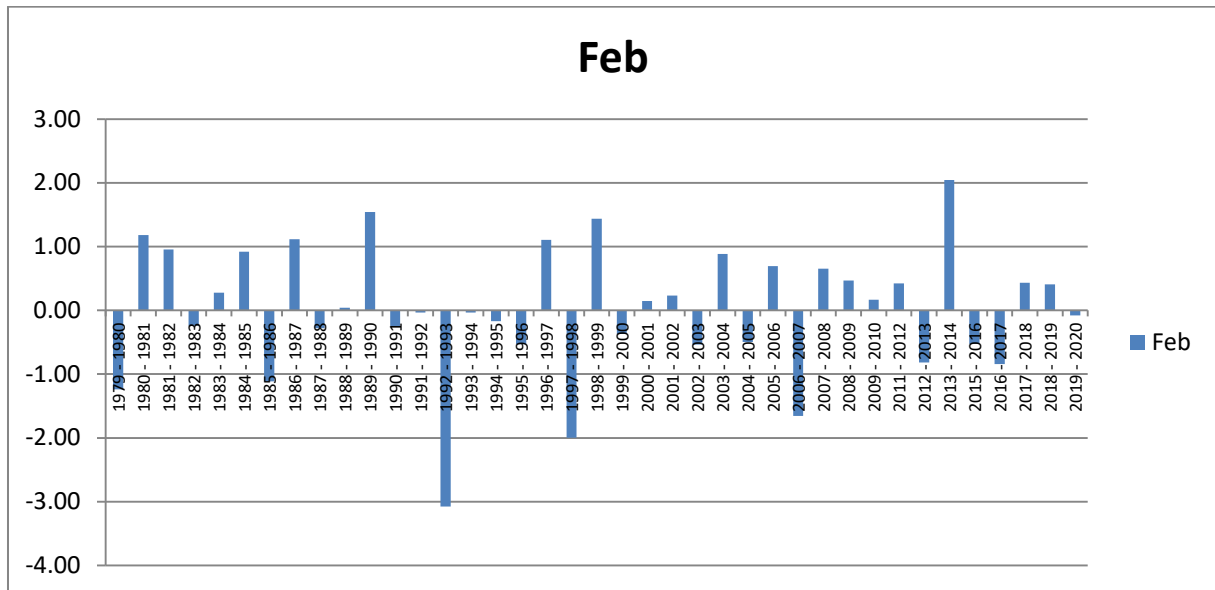


Figure 37 .SPI mois de Février station cheffia.

Sur la **figure 37**, on distingue que les années proche de la normale sont enregistrées pendant les années :(2008-2009), (2011-2013) et (2015-2020).
alors que une période extrêmement humide à été enregistrée pendant l'année:(2013-2014).

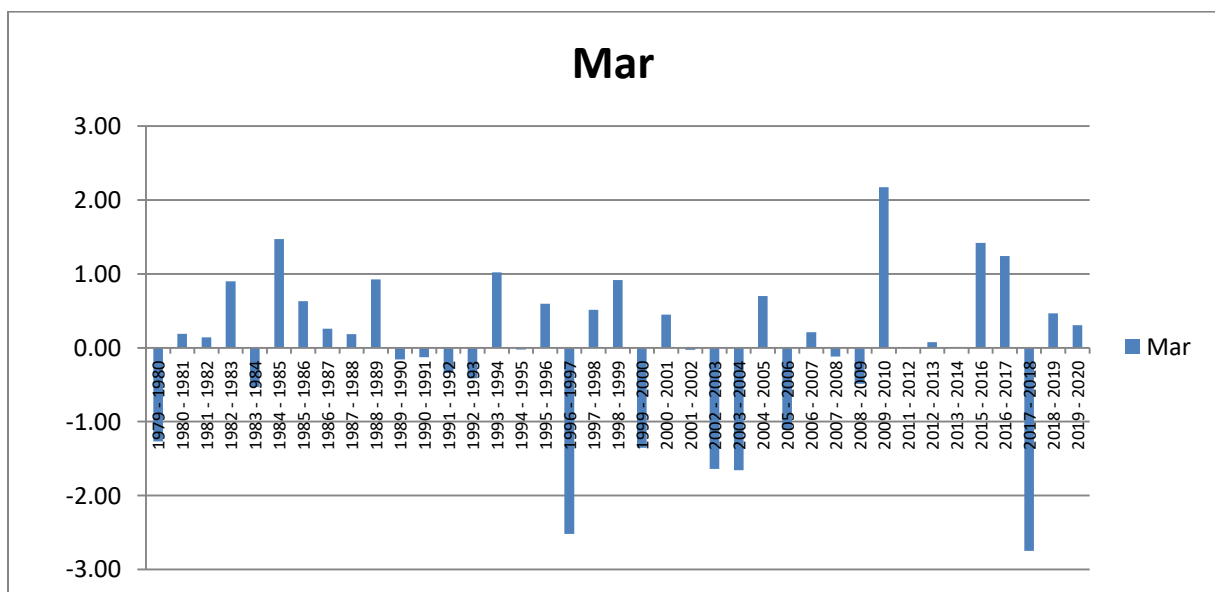


Figure 38. SPI mois de Mars station cheffia.

En observons la **figure 38**, Les périodes proche de la normale ont été enregistrées sont durant les années (2008-2009) , (2011-2014) et (2018-2020). Deux périodes modérément humides ont été enregistrées durant (2015-2017).

Une année extrêmement sèche à été enregistrée en 2017-2018.

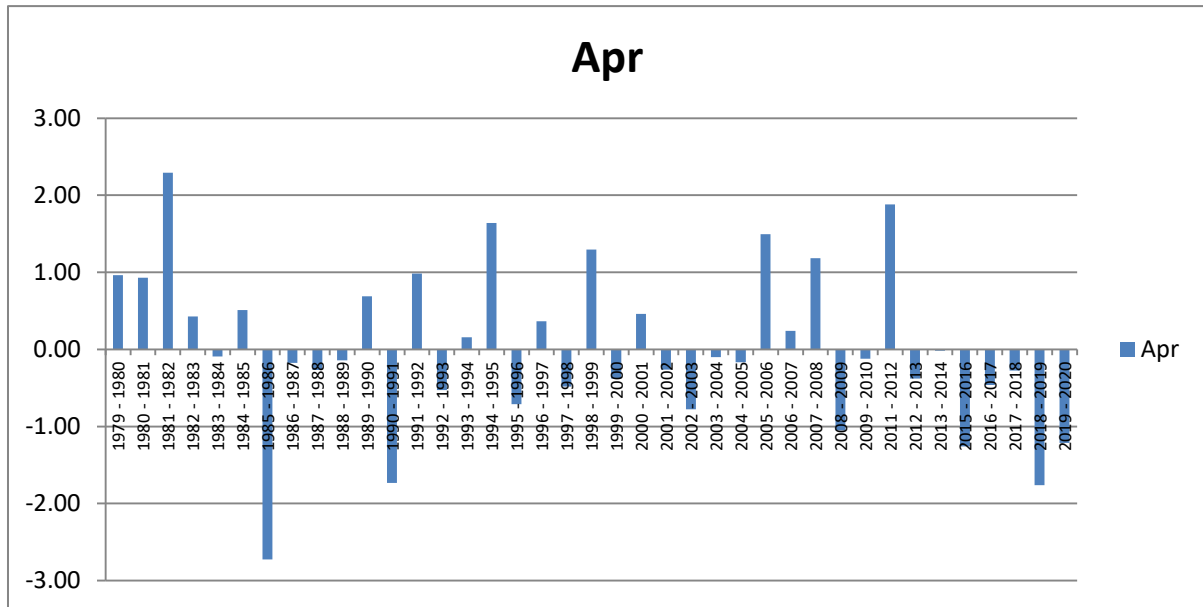


Figure 39. SPI mois d'Avril station cheffia.

En accord avec la **figure 39**, les valeurs montrent que les années modérément sèches ont été enregistrées durant les années (2008-2009), (2015-2016) et (2019-2020).

Une période très sèche à été enregistrée pendant l'année suivante:(2018-2019).

Une année très humide à été enregistrée en (2011-2012).

Les périodes proches de la normale ont été enregistrées en (2009-2010), (2012-2014) et (2016-2018).

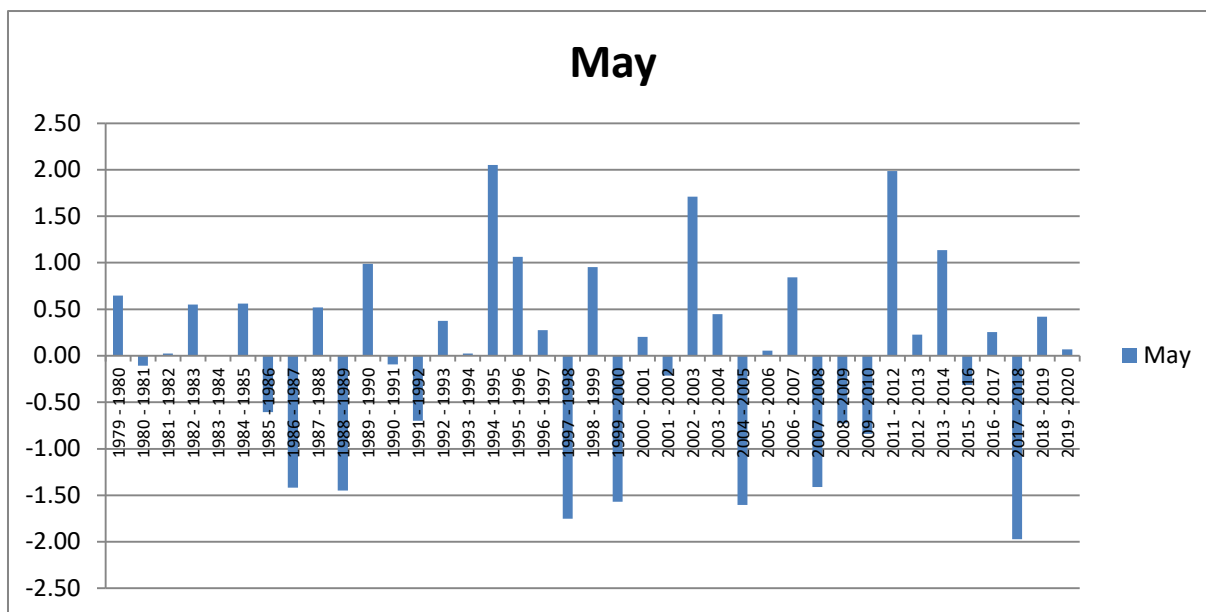


Figure 40. SPI mois de Mai station cheffia.

En accord avec la **figure 40**, les années proche de la normale enregistrées sont :(2008-2010), (2015-2017) et (2018-2020).

Une période très humide à été enregistrée en (2011-2012), Une année modérément humide à été enregistrée en (2013-2014).et l'année très sèche enregistrée est :(2017-2018).

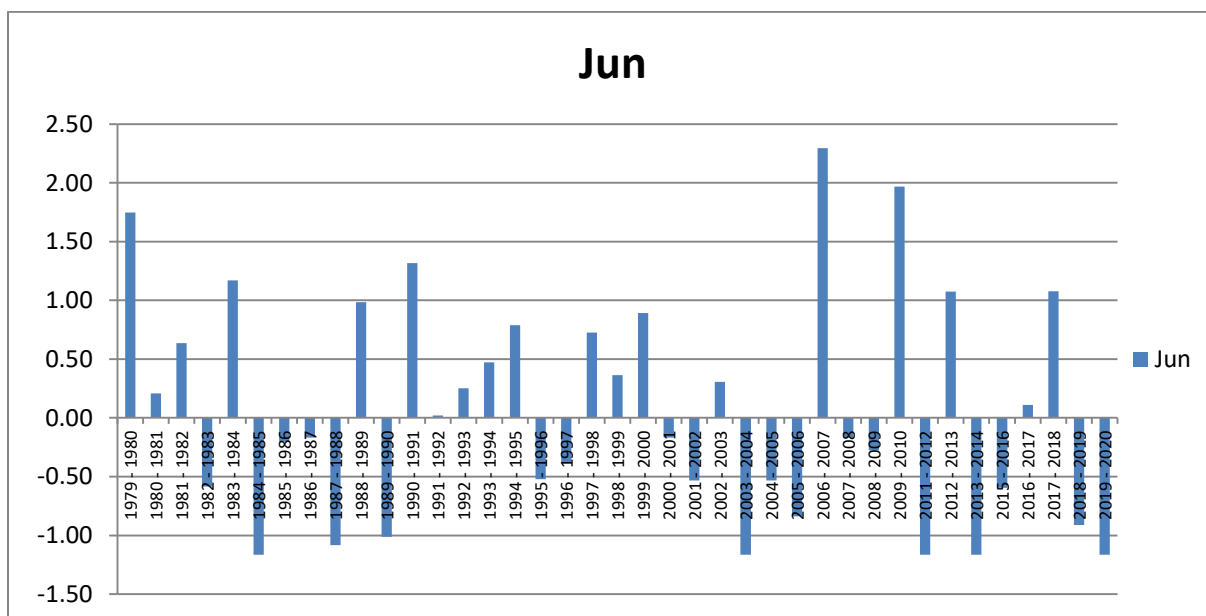


Figure 41. SPI mois de Juin station cheffia.

En accord avec la **figure 41**, les années proches de la normale enregistrées sont (2008-2009) (2015-2017) et (2018-2019).

Une année très humide à été enregistrée en (2009-2010).

Les périodes modérément sèches enregistrées sont :(2011-2012), (2013-2014) et (2019-2020).

Deux périodes modérément humide ont été enregistrées en (2012-2013) et (2017-2018).

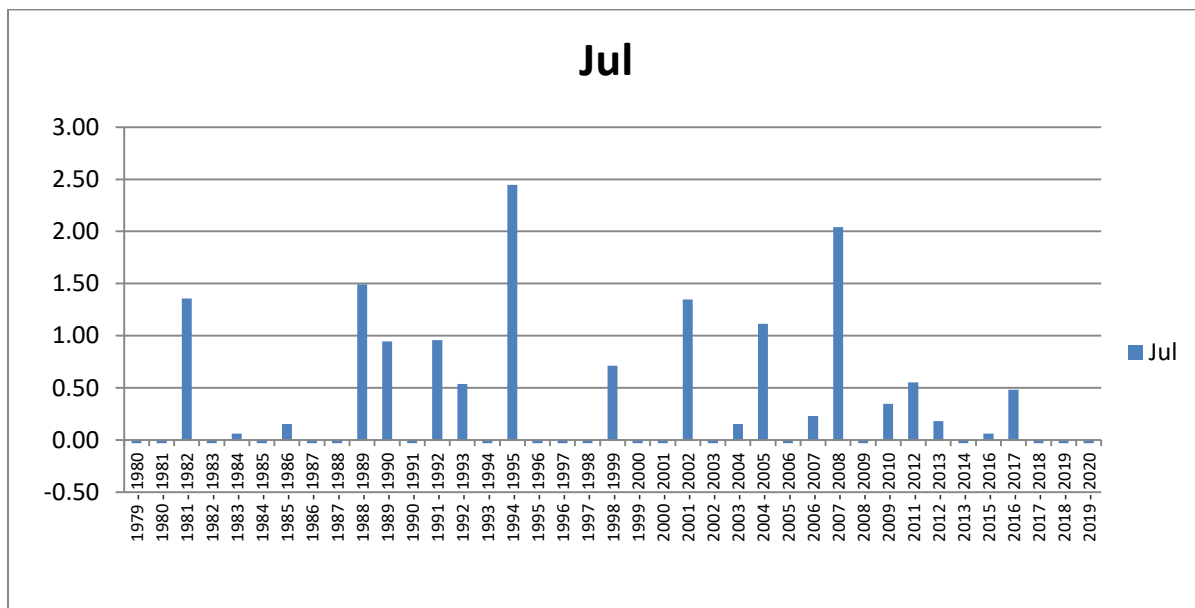


Figure 42.SPI mois de Juillet station cheffia.

En observons la **figure 42**, on distingue les années proches de la normale ont été enregistrées durant :(2008-2009), (2011-2013) et (2015-2020).

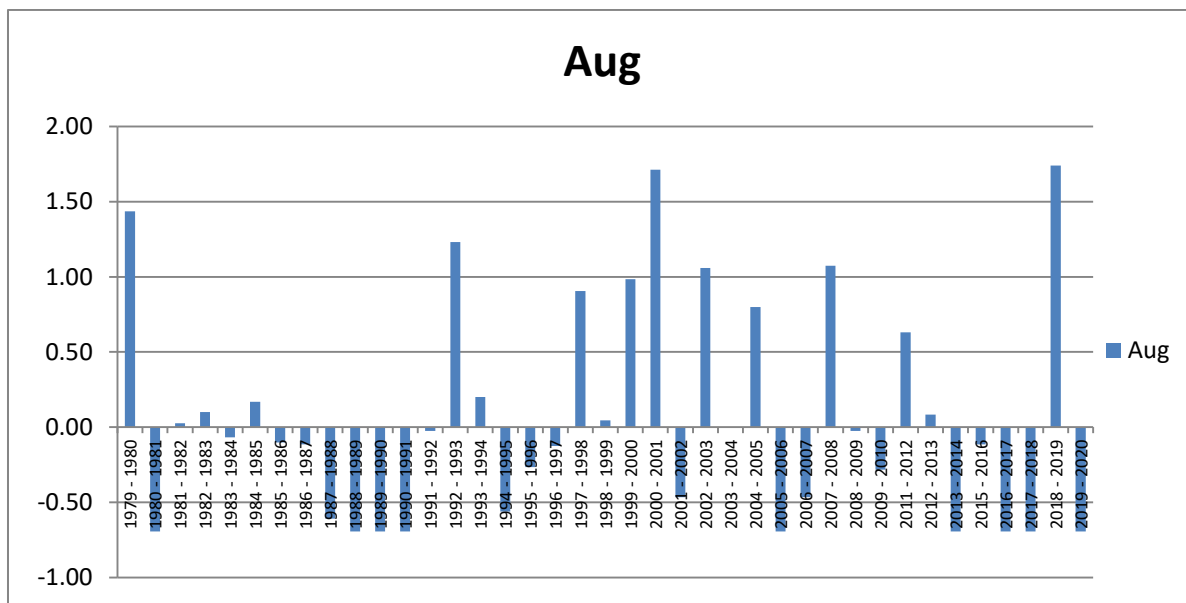


Figure 43. SPI mois d'Aout station cheffia.

En accord avec la **figure 43**, les valeurs montrent que les années proches de la normale ont été enregistrées durant les années (2008-2010), (2011-2014), (2015-2018) et (2019-2020).

Une année très sèche à été enregistrée en (2018-2019).

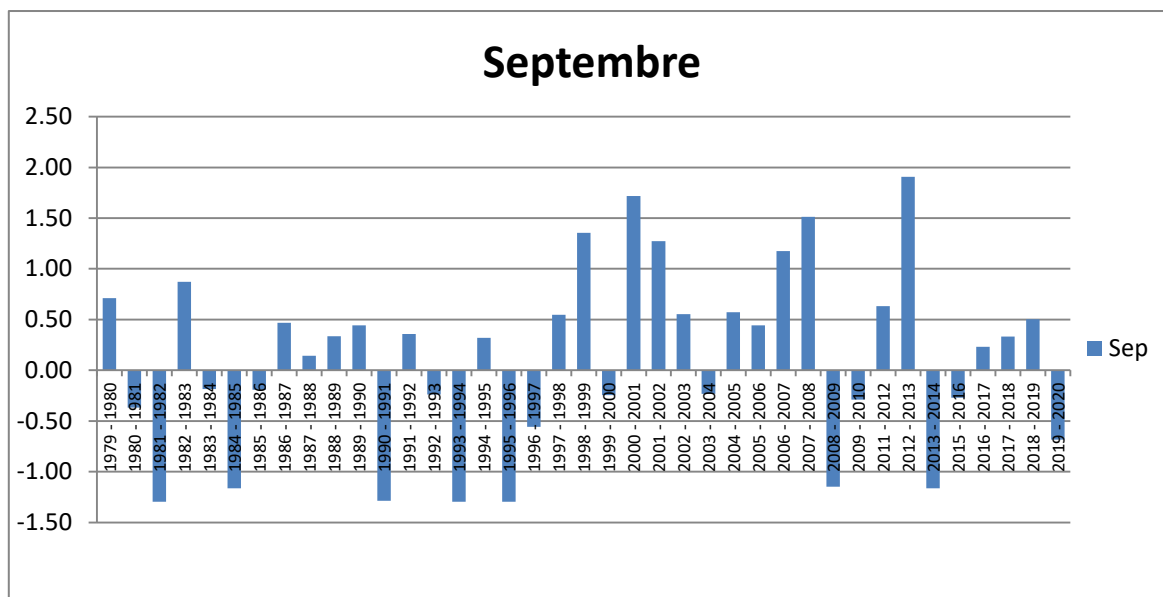


Figure 44. SPI mois de septembre station cheffia.

En accord avec la **figure 44**, on distingue que les années modérément sèches enregistrées sont : 2008-2009, 2013-2014.

Les années proches de la normale sont enregistrées pendant les années : (2009-2010), (2011-2012), et (2015 – 2020).

Une période très humide a été enregistrée en (2012-2013).

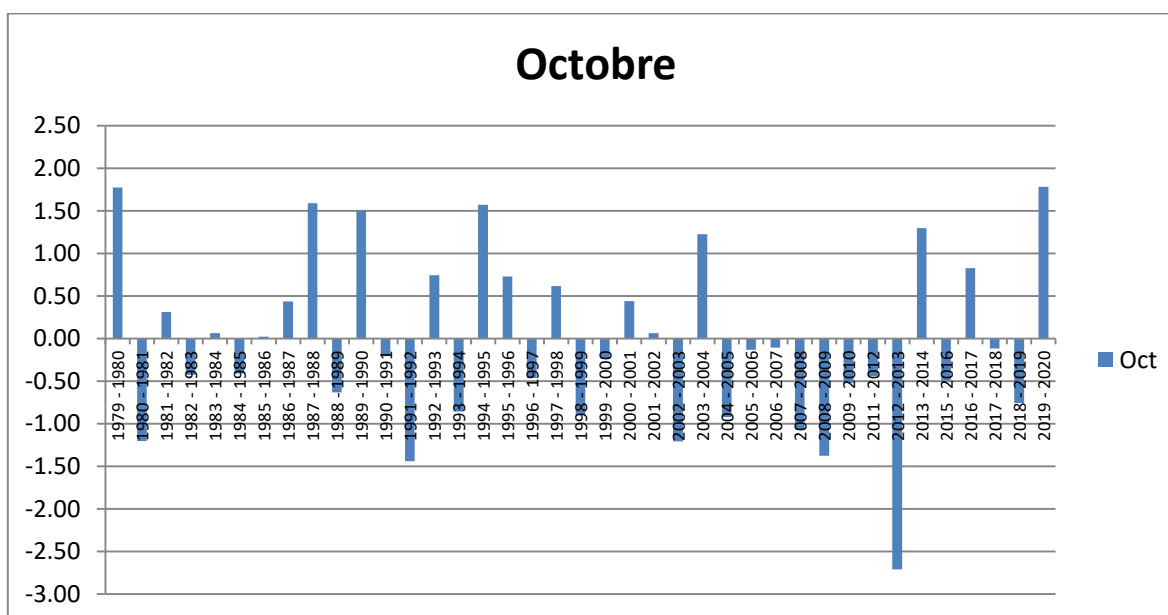


Figure 45. SPI mois d'octobre station cheffia.

En accord avec la **figure 45**, les années proches de la normale ont été enregistrées durant (2009-2010), (2011-2012) et (2015-2019).

Une année modérément sèche à été enregistrée en (2008-2009).

Une période extrêmement sèche à été enregistrée en (2012-2013).

Une période modérément humide à été enregistrée durant (2013-2014).

L'année très humide enregistrée est (2019-2020).

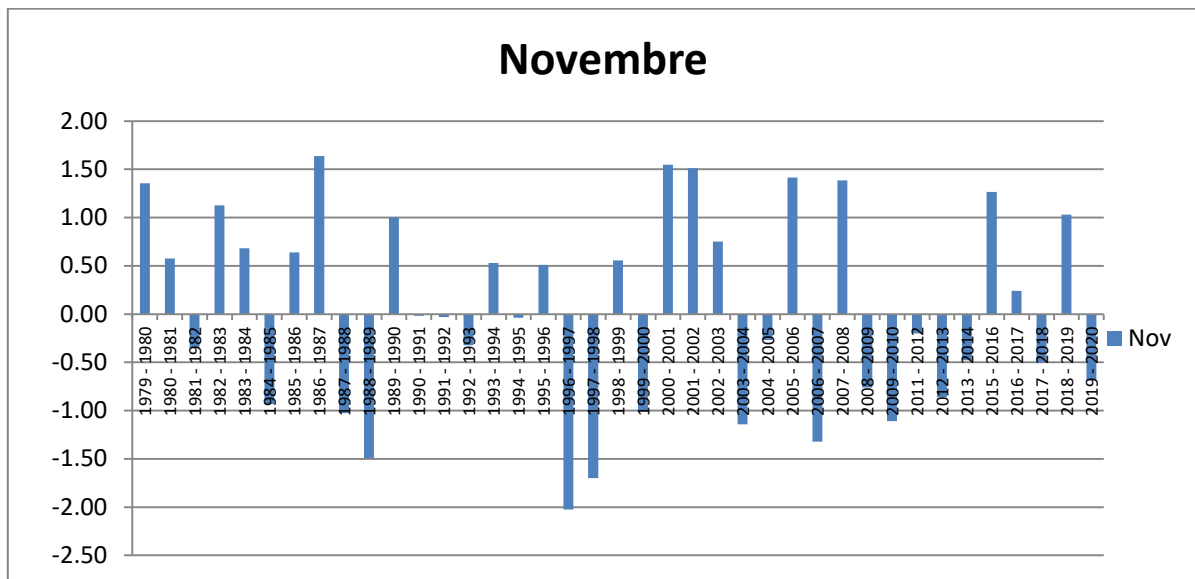


Figure 46. SPI mois de novembre station cheffia.

En accord avec la figure 46, les années proches de la normale enregistrées sont (2008-2009), (2011-2014), (2016-2018) et (2019-2020).

Une année modérément sèche à été enregistrée en (2009-2010).

Deux années modérément humide ont été enregistrées en (205-2016) et (2018-2019).

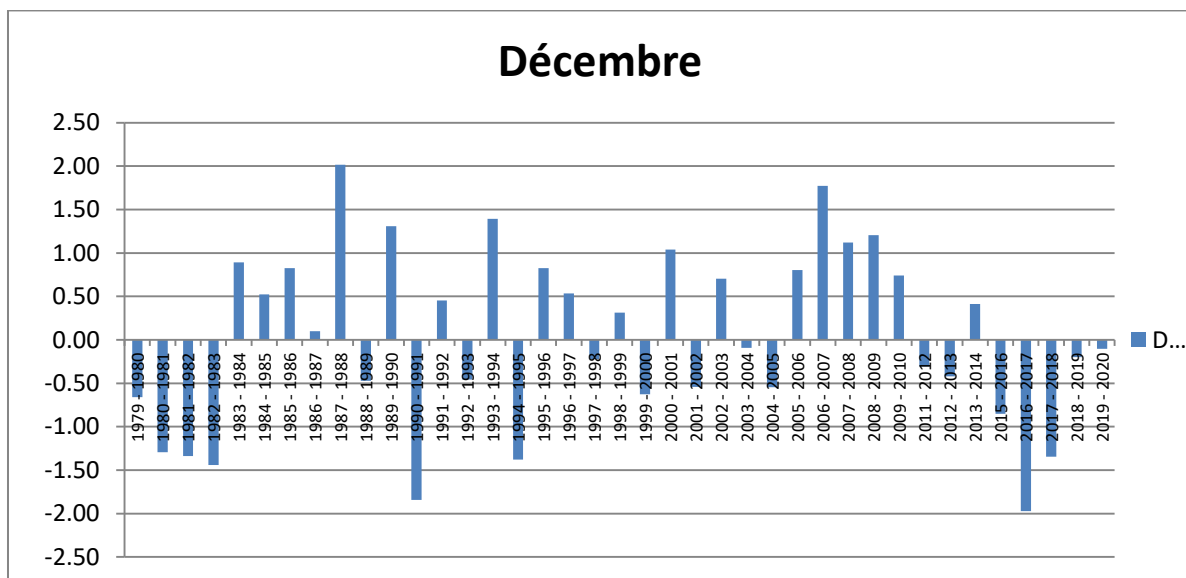


Figure 47. SPI mois de Décembre station cheffia.

En accord avec la figure 47, les années proches de la normale enregistrées sont:(2009-2010), (2011-2014), (2015-2016) et (2018-2020).

Une année modérément humide à été enregistrée en (2008-2009). Une période modérément sèche à été enregistrée en (2017-2018), et une année très sèche à été enregistrée durant (2016-2017).

4-4-Bilans hydriques mensuelle en fonction des périodes sèche des dix dernières années

Tableau 29. Bilan hydrique mensuelle en fonction de période sèche de l'année 2008/2009.

Mois	Bilan hm³	SPI
Septembre	47,423	-1,15
Octobre	27,775	-1,38
Novembre	73,917	-0,76
Décembre	70,952	1,20
Janvier	171,966	0,59
Février	105,222	0,47
Mars	70,213	-0,49
Avril	229,622	-1,05
Mai	165,019	-0,73
Juin	-8,297	-0,28
Juillet	-8,359	-0,03
Aout	7,126	-0,02

Tableau 30. Bilan hydrique mensuelle en fonction de période sèche de l'année 2009/2010.

Mois	Bilan hm³	SPI
Septembre	126,87	-0,29
Octobre	118,104	-0,52
Novembre	39,016	-1,11
Décembre	64,618	0,74
Janvier	116,624	-1,80
Février	27,955	0,16
Mars	73,188	2,17
Avril	43,637	-0,12
Mai	44,795	-0,84
Juin	21,356	1,97
Juillet	-12,466	0,35
Aout	-4,759	-0,28

Tableau 31. Bilan hydrique mensuelle en fonction de période sèche de l'année 2011/2012.

Mois	Bilan hm³	SPI
Septembre	-5,895	0,63
Octobre	126,546	-0,44
Novembre	56,773	-0,20
Décembre	126,546	-0,31
Janvier	76,372	0,93
Février	318,611	0,42
Mars	69,621	0
Avril	61,206	1,88
Mai	95,984	1,99
Juin	-11,32	-1,17
Juillet	-13,725	0,55
Aout	-31,564	0,63

Tableau 32. Bilan hydrique mensuelle en fonction des périodes sèche de l'année 2012/2013.

Mois	Bilan hm³	SPI
Septembre	-6,137	1,91
Octobre	69,187	-2,71
Novembre	34,666	-0,86
Décembre	61,403	-0,42
Janvier	96,276	0,24
Février	174,036	-0,82
Mars	51,862	0,08
Avril	62,238	-0,38
Mai	16,573	0,23
Juin	-5,219	1,07
Juillet	-11,209	0,18
Aout	83,27	0,08

Tableau 33. Bilan hydrique mensuelle en fonction des périodes sèche de l'année 2013/2014.

Mois	Bilan hm³	SPI
Septembre	14,66	-1,16
Octobre	24,372	1,30
Novembre	213,686	-0,48
Décembre	41,478	0,41
Janvier	90,558	-0,40
Février	40,218	2,04
Mars	157,608	0,01
Avril	15,004	-0,02
Mai	23,672	1,14
Juin	-6,936	-1,17
Juillet	-10,74	-0,03
Aout	-6,614	-0,69

Tableau 34. Bilan hydrique mensuelle en fonction des périodes sèche de l'année 2015/2016.

Mois	Bilan hm³	SPI
Septembre	26,596	-0,27
Octobre	86,85	-0,49
Novembre	114,499	1,27
Décembre	-6,094	-0,85
Janvier	80,161	-0,17
Février	25,54	-0,53
Mars	145,326	1,42
Avril	39,454	-1,26
Mai	42,664	-0,31
Juin	-9,78	-0,60
Juillet	-18,469	0,06
Aout	-14,867	-0,11

Tableau 35. Bilan hydrique mensuelle en fonction des périodes sèche de l'année 2016/2017.

Mois	Bilan hm³	SPI
Septembre	29.839	0,23
Octobre	35.725	0,82
Novembre	54.336	0,24
Décembre	19.798	-1,97
Janvier	126.683	-0,35
Février	101.454	-0,84
Mars	2.733	1,24
Avril	48.712	-0,46
Mai	-7.96	0,26
Juin	19.445	0,11
Juillet	-12.193	0,48
Aout	-8.433	-0,69

Tableau 36. Bilan hydrique mensuelle en fonction des périodes sèche de l'année 2017/2018.

Mois	Bilan hm³	SPI
Septembre	-0.631	0,33
Octobre	18.062	-0,12
Novembre	185.668	-0,50
Décembre	79.982	-1,34
Janvier	10.398	0,36
Février	104.346	0,43
Mars	95.546	-2,75
Avril	5.281	-0,27
Mai	53.994	-1,97
Juin	-15.513	1,08
Juillet	-23	-0,03
Aout	33.061	-0,69

Tableau 37. Bilan hydrique mensuelle en fonction des périodes sèche de l'année 2018/2019.

Mois	Bilan hm ³	SPI
Septembre	-0.828	0,50
Octobre	164.838	-0,76
Novembre	40.223	1,03
Décembre	79.67	-0,20
Janvier	211.734	-2,48
Février	63.491	0,41
Mars	87.852	0,47
Avril	13.98	-1,76
Mai	34.618	0,42
Juin	-16.079	-0,91
Juillet	-26.229	-0,03
Aout	-17.016	1,74

Tableau 38. Bilan hydrique mensuelle en fonction des périodes sèche de l'année 2019/2020.

Mois	Bilan hm ³	SPI
Septembre	47,216	-0,68
Octobre	58,816	1,78
Novembre	73,649	-0,69
Décembre	74,163	-0,10
Janvier	41,161	1,40
Février	-2,859	-0,08
Mars	64,767	0,31
Avril	30,196	-1,21
Mai	15,505	0,07

⇒ Les résultats obtenus montrent que en général les périodes de sécheresse considèrent avec des bilans négatifs autrement dit les sortie sont supérieures aux entrées

4-5-Résultats du dénombrement des lombrics

4-5-1-L'abondance des vers de terre dans la zone d'étude

Nous avons fait cette étude en Février, ou le mouvement des vers de terre est élevé, une sorties à été effectuée le 29 Février 2020 , sous une température de l'air de 20 C° et une

température de l'eau de 8 C°, pendant cette journée les pluies sont nulles et l'évaporation s'élève à 0.8mm .

Tableau 39. Abondance des vers de terre selon les stations d'étude.

Numéro de station	S1	S2	S3	S4
Nombre total d'individus	10	24	25	0

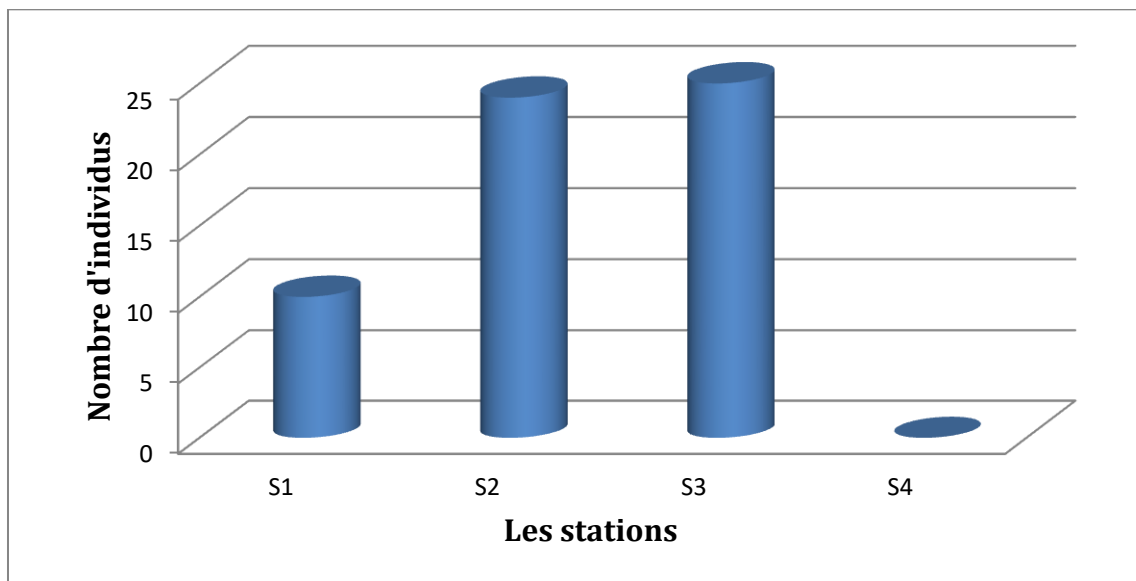


Figure 48. Abondance des vers de terre dans la zone d'étude.

4-5-2- Les catégories écologiques des vers de terre récoltés dans les stations d'études

Tableau 40. Vers de terre récoltés dans les stations d'études.

Stations	Nombre des individus		
	Epigé	Endogé	Anécique
S1	10	0	0
S2	17	0	7
S3	19	2	4
S4	0	0	0

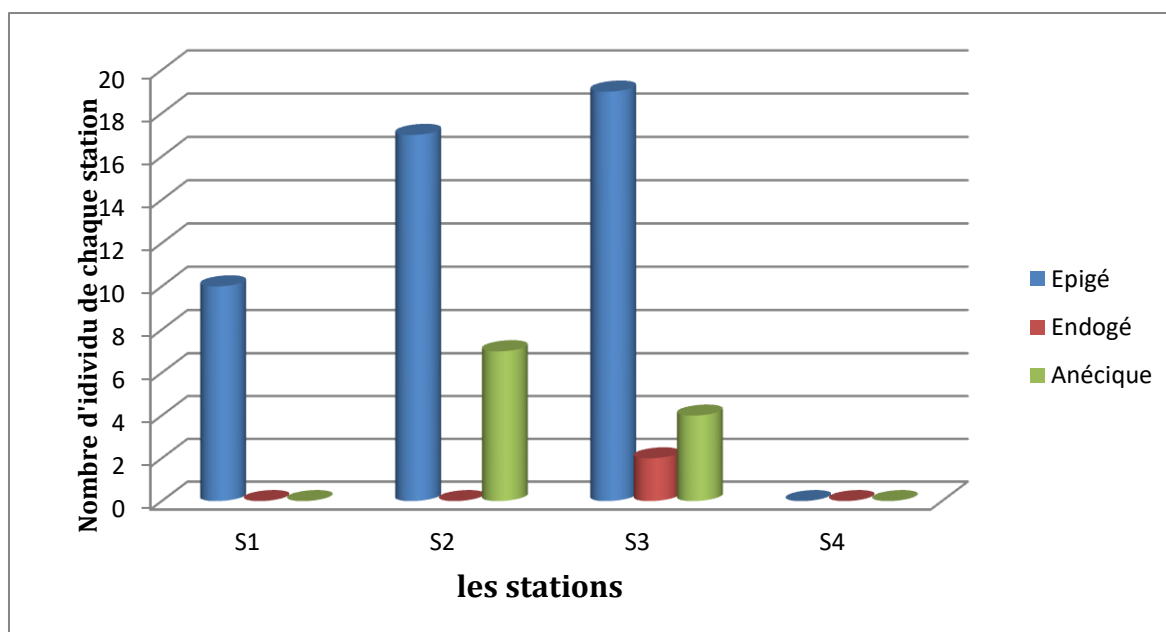


Figure 49. Nombres d'individus de chaque catégorie des lombrics par stations d'étude.

Tableau 41. Nombre total des catégories écologiques des lombriciens dans la zone d'étude

Nombre total D'individus	Les catégories des vers de terre		
	Epigé	Endogé	Anécique
	46	02	11

Sur l'ensemble des stations étudié (4 stations) la catégorie épigée représente 78%, les endogées 3%, les anéciques 19% (figure 50).

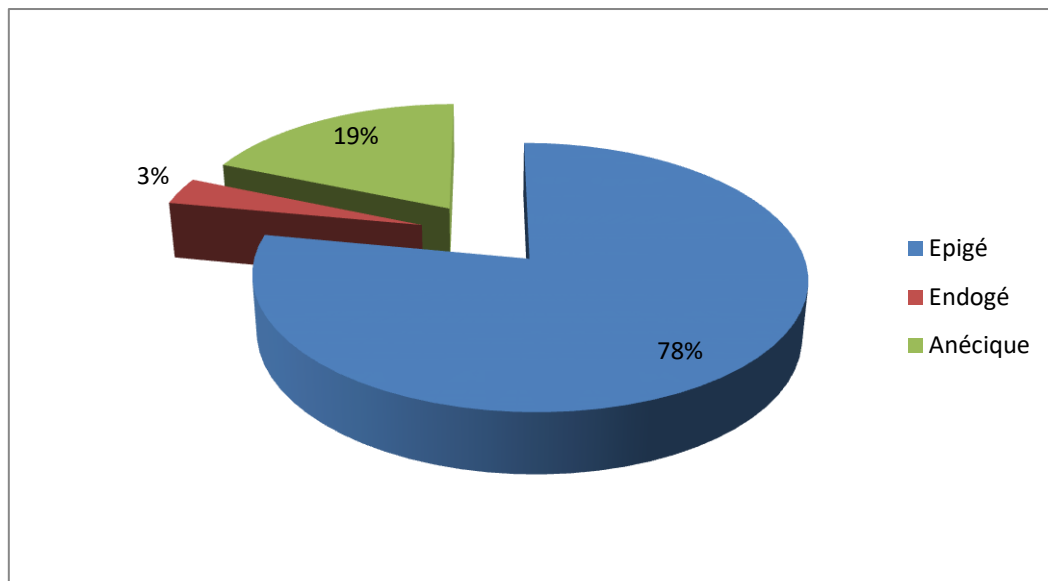


Figure 50. Pourcentages (%) des catégories écologiques des lombriciens dans la zone d'étude.

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 ($HR > 3\%$; $t < 10^{\circ}\text{C}$) (Champeau 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 ($HR = 20\%$, $T \geq 15^{\circ}\text{C}$) 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 (Champeau et al. 1980).

4-6- 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 à mes résultats le nombre par m^2 est de 25 individus.

Cette différence est due essentiellement à la faiblesse des sols en matière organique.

Les conditions sanitaires actuelles ne nous ont pas permis de réaliser le prélèvement des sols des différentes stations afin de vérifier la corrélation, qualité de sols, et activité des lombrics.

Le nombre d'espèce est plus important que les autres, ceci s'explique par l'humidité très faible en profondeur et très importante en surface où se localisent les épigés.



Les lombrics peuvent être influencés par les facteurs environnementaux tels que la température, le pH, l'humidité et le type de sol (Morin, 2004). 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.

4-7-Lombrics et température de l'air

La température à une influence sur la rapidité de développement des vers de terre.

Se dernier peut vivre dans un milieu dont la température varie entre 15 et 30 °C, mais pour croître et se reproduire normalement, le substrat doit avoir une température oscillant entre 25 et 28 °C (Tahir & Hamid, 2012).

Une température inférieure à 15 °C dans le milieu du ver de terre va entraîner une diminution de l'activité métabolique et de la croissance.

Lorsque la température du milieu dépasse 30 °C, une baisse de la reproduction est observée et l'apparition du clitellum peut être retardée. Au-delà de 35 °C, le ver de terre meurt (Hallmann et al. 2014).

j'ai pris des échantillons le 29 Février 2020 ou la température de l'air était de 20 C° qui est considérée comme une température optimale pour l'activité des vers de terre.

4-8-Lombrics et nature du sol (notamment dessiccation des sols)

Les vers soient plus abondants dans les sols limoneux, argilo-limoneux et argilosableux

Que dans les sables, les graviers et les argiles. (Guild, 1948).

Au cours de cette étude la station numéro quatre (tableau 41) présente 0 individus, en raison de fait que le type de sol de cette station est le gravier.

4-9-Lombrics et période de sécheresse

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 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

L'objectif de mon travail est de dénombrer la faune lombricienne en fonction du marnage des eaux de barrage de cheffia dans la wilaya d'El Tarf.

Mon étude s'est localisée au niveau des berges du plan d'eau du barrage sur des parcelles cultivées en période d'étiage.

Le sol est à dominance argileuse, la roche mère est généralement composée de grès et de calcaire.

La qualité des eaux du barrage est douce, notre zone d'étude est dominée par les épigées localisées en surface du sol où l'humidité est plus importante qu'en profondeur.

Vu les conditions sanitaires actuelles, les analyses des sols de la zone d'étude n'ont pas été réalisées.

Pour vérifier les corrélations de qualité des sols avec l'activité des lombrics.

Notre travail mérite d'être approfondi notamment dans la zone benthique de plan d'eau en fonction des qualités des eaux et des sols en période d'étiage.

Référence bibliographique

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.

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, 391p

Baudouin L., 2009 : Hydrologie des crues application aux cuves de sassenage (1sere), (week-end scientifique de la ligue spéléologique de Bourgogne), spéléo club de Chablis ; 14 et 15 Novembre 2009.

Benchikh H., 2016 : comportement de trois espèces lombriciennes *Apporoctodea trapézoïdes* et *Octodrilus complanatus* et *Eisenia fetida* en milieu sableux . Université des Frères Mentouri Constantine Mémoire de master en sciences biologique.

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 organisme as components of écosystèmes. proc.6th Int.coll.soil zool.Ecol.Bull., stockholm.

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., 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.

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

Croteau A., (2006) : Atlas du bassin versant de la rivière Châteauguay, (eau souterraine), Anne Croteau, INRS-ETE (2006).

Darwin C.R. 1881: The formation of vegetable mould, through the action of worms with Observations in their habits. *London: John Murray.*

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 : Verms and vermicomposting Sambalpur university, Sambalpur, Orissa, India, 157-172 pp.

Derradji F., (2016) : Qualite, Gestion Et Protection Des Eaux Du Barrage De Cheffia (Nord-Est Algerien), *Département de Géologie, Université Badji Mokhtar 23000 Annaba, Algérie.*

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.

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.

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

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.

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.

Hallmann C.A. et al., 2014 : Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations. *Nature*, **511**, 341-343.

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.

Lee K.E., 1985: Earthworms - Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use". Academic Press, Sydney. pp 411.

Llamas J., (1993) : Hydrologie générale (Principe et applications), éditeur gaëtan morin, Canada (527p).

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

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 E., 2004 : Lombricompostage, une façon écologique de traiter les résidus organiques. *In : Eco-quartier Peter- McGill P., éd. Guide pratique.* Montréal, Canada : Ministère de l'Environnement du Québec.

National Technical University of Athens, 2007 : Drinc- Getting Started Guide (D . Pangalou , D . TigKas , H . Vangelis) , Athens.

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.

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

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.

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

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

Tahir T.A. & Hamid F.S., 2012: Vermicomposting of two types of coconut wastes employing *Eudrilus eugeniae*: a comparative study. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.*, **1**, 1-6.

TALBI R.,2016 : Contribution à l'étude de la bio-écologie des vers de terre à Ouargla, Université Kasdi Merbah Ouargla Mémoire de master en sciences Agronomiques.

Touaibia A.,Labouize A.,2017 : Evaluation des risques d'inondations associées à la rupture du barrage à 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.

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

