



République Algérienne Démocratique et Populaire
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université Abbes Laghrour Khenchela

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT : ECOLOGIE ET ENVIRENEMENT

MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de : **Master**

Option : **Protection de l'environnement**

THEME

**Evolution des extrêmes pluviométriques dans un
contexte de changement climatique dans une zone
semi aride (Khenchela).**

Réalisé par : **KHADRAOUI Djamel Eddine**

Dirigé par : **Dr : DHAIFALLAH Tarek**

Devant le jury :

Président : Dr. ZIOUCHE Omar Ramzi Université Abbes Laghrour Khenchela.

Examineur : Dr. BOULABAIEZ Mahrez Université Abbes Laghrour Khenchela.

Directeur : Dr. DHAIFALLAH Tarek Université Abbes Laghrour Khenchela.

2018/2019

Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer : Mes remerciements les plus vifs

A Dr. DHAFFALLAH Tarek, pour m'avoir fait profiter de son expérience

Et pour l'honneur qu'il me fait en acceptant d'encadrer ce travail

Mes remerciements aux membres de jury,

Dr Ziouch et Dr Boulabaiez d'avoir accepté de participer à mon jury.

Mes remerciements aux Professeurs au Département d'Ecologie et

Environnement

Université de Khenchela

Sommaire

Liste des Figures.....	
Liste des Tableaux.....	
1. INTRODUCTION	1
2. Initiation au réchauffement climatique	3
2.1. <i>Les conséquences environnementales de changement climatiques vis-à-vis de notre thème :.....</i>	<i>5</i>
2.2. <i>les phénomènes climatiques en Algérie:</i>	<i>5</i>
3. Chapitre 1 : Présentation de la région d'étude.....	7
3.1. <i>Situation géographique :.....</i>	<i>7</i>
3.2. <i>Le relief.....</i>	<i>8</i>
3.3. <i>L'altitude</i>	<i>9</i>
3.4. <i>Hydrologie</i>	<i>Error! Bookmark not defined.1</i>
3.5. <i>Conclusion</i>	<i>Error! Bookmark not defined.3</i>
4. Chapitre 2 : Étude climatique.....	Error! Bookmark not defined.4
4.1. <i>Variation de la pluviométrie :.....</i>	<i>Error! Bookmark not defined.4</i>
4.1.1. <i>Précipitation moyenne annuelles :.....</i>	<i>Error! Bookmark not defined.4</i>
4.1.2. <i>Précipitation moyenne saisonnière :.....</i>	<i>Error! Bookmark not defined.15</i>
4.1.3. <i>Précipitations moyennes mensuelles :.....</i>	<i>Error! Bookmark not defined.6</i>
4.2. <i>LES TEMPERATURES :.....</i>	<i>Error! Bookmark not defined.7</i>
4.3. <i>DIAGRAMME OMBRO-THERMIQUE DE GAUSSEN</i>	<i>Error! Bookmark not defined.19</i>
4.4. <i>CLIMATO GRAMME D'EMBERGER</i>	<i>Error! Bookmark not defined.19</i>
4.5. <i>L'INDICE D'ARIDITE :.....</i>	<i>Error! Bookmark not defined.0</i>
4.6. <i>L'HUMIDITE:</i>	<i>Error! Bookmark not defined.1</i>
4.6.1. <i>HUMIDITE DU SOL : METHODE D'EUVERTE</i>	<i>Error! Bookmark not defined.1</i>
4.7. <i>LES VENTS :.....</i>	<i>Error! Bookmark not defined.2</i>
4.8. <i>Interprétation</i>	<i>Error! Bookmark not defined.23</i>

4.9.	LES PARAMETRES DE BILAN HYDRIQUE :	23
4.9.1.	L'EVAPOTRANSPIRATION POTENTIELLE (ETP)	Error! Bookmark not defined. 24
4.9.2.	EVAPOTRANSPIRATION REELLE (ETR)	25
4.9.3.	RUISSELLEMENT :	26
4.9.4.	INFILTRATION :	Error! Bookmark not defined.
4.10.	BILAN HYDRIQUE SELON LA METHODE DE THORNTHWAITE	Error! Bookmark not defined. 27
4.10.1.	Interprétation des résultats du bilan hydrique	Error! Bookmark not defined. 28
4.11.	CONCLUSION :	Error! Bookmark not defined. 28
5.	CHAPITRE III : Analyse statistique	Error! Bookmark not defined. 0
5.1.	MATÉRIELS ET MÉTHODES	Error! Bookmark not defined.
5.2.	Détermination de la saison des pluies : début, fin et longueur	Error! Bookmark not defined.
5.2.1.	Caractérisation des périodes de retour (Loi de Gumbel)	Error! Bookmark not defined.
5.2.2.	RÉSULTATS	Error! Bookmark not defined. 3
5.3.	Tendances des indices pluviométriques	Error! Bookmark not defined. 35
5.4.	Estimation de la récurrence des événements pluvieux à Khenchela	Error! Bookmark not defined. 38
5.5.	DISCUSSION	Error! Bookmark not defined. 39
5.6.	Conclusion	Error! Bookmark not defined. 40
6.	Conclusion général	Error! Bookmark not defined. 41

BIBLIOGRAPHIE

Liste des Figures :

Chapitre I :		Page
Figure 1:	Comparaison entre les variations de températures en Afrique et la tendance de réchauffement mondial.	6
Figure 2:	Carte de situation géographique de la région de Khenchela.	10
Figure 3:	La carte des altitudes de la région de Khenchela.	13
Figure 4:	Modèle numérique du terrain de la région de Khenchela.	15
Figure 5:	Carte de réseau hydrographique de la wilaya de Khenchela.	16
Figure 6:	Précipitations moyennes annuelles de Khenchela (1994-2018).	18
Figure 7:	Les Variations moyenne saisonnières des précipitations de Khenchela (1994-2018).	19
Figure 8:	Moyennes des précipitations mensuelles de Khenchela (1994-2018).	20
Figure 9:	Température mensuelle pour la station de Khenchela (1994-2018).	21
Figure 10:	Evolution de température (moyennes annuelles; mois de Janvier et Juillet) de Khenchela (1994-2018).	21
Figure 11:	Diagramme Ombro-thermique de Khenchela (1994-2018).	22
Figure 12:	Le climato-gramme d'EMBERGER de Khenchela (1994-2018).	23
Figure 13:	Moyenne mensuelle des vitesses du vent de Khenchela (1994-2018).	26
Figure 14:	Facteur de correction K qui dépend du mois et de la latitude.	28
Chapitre II :		
Figure 1:	Evolution des écarts à la moyenne des précipitations annuelles de Khenchela (1994-2018).	40
Figure 2:	Tendance de la pluviométrie annuelle de Khenchela (1994-2018).	42
Figure 3:	Tendance des pluies maximales journalières de Khenchela (1994-2018).	42
Figure 4:	Tendance du nombre de jours de pluie de Khenchela (1994-2018).	43
Figure 5:	Tendance de la lame d'eau moyenne précipitée par jour de pluie de Khenchela (1994-2018).	43
Figure 6:	Tendance du nombre de jours avec des précipitations ≥ 1 mm à Khenchela.	44
Figure 7:	Tendance du nombre de jours avec des précipitations ≥ 10 mm à Khenchela.	44
Figure 8:	Probabilité de non dépassement des pluies journalières maximales à Khenchela.	46

Liste des Tableaux :

Chapitre I :

Tableau 1:	Caractéristiques de station pluviométrique de Khenchela (1994-2018).	17
Tableau 2:	Année pluviale et sèche de Khenchela (1994-2018).	17
Tableau 3:	Précipitation saisonnière de Khenchela (1994-2018).	18
Tableau 4:	Moyennes des précipitations mensuelles de Khenchela (1994-2018).	19
Tableau 5:	Température mensuelle de Khenchela (1994-2018).	20
Tableau 6:	Les valeurs de Q2	23
Tableau 7:	Rapports P/T mensuels de Khenchela (1994-2018).	25
Tableau 8:	Vitesses des vents moyennes mensuelles de Khenchela (1994-2018).	26
Tableau 9:	Valeurs des indices thermiques mensuels de Khenchela (1994-2018).	28
Tableau 10:	Valeurs de l'évapotranspiration potentielle de Khenchela (1994-2018).	29
Tableau 11:	Bilan hydrique de Khenchela (1994-2018).	31

Chapitre II :

Tableau 1:	Liste de neuf indices utilisés dans l'analyse des événements extrêmes	38
Tableau 2:	Caractéristiques des précipitations à la station météorologique d'El-hamma de Khenchela. Moyennes \pm écart-type calculées sur la période 1994-2018 : précipitation annuelles (PTOT), nombre de jours de pluie (JP), lame d'eau moyenne précipitée par jour humide (SDII), nombre total des jours caractérisés par des précipitations ≥ 1 mm et ≥ 10 mm (P1 et P10), pluie maximale quotidienne (Px1J) et valeurs limites caractérisant les événements pluviométriques quotidiens intense, extrême et très extrême (P75p, P95p) calculées sur la période 1994-2018.	41
Tableau 3:	Tendances linéaires calculées pour les six indices pluviométriques à la station	45

Introduction

La ville (KHENCHELA – l'aire géographique comprise entre 6° 32' et 7° 34' de longitude Est et entre 35° 7' et 35° 38' de latitude Nord, – altitude : entre moins 26 mètres au dessous du niveau de la mer (Chott Melghir au sud-est de la wilaya) et 2169 mètres au dessus du niveau de la mer (Djebel Chélia) sur les monts des Aurès au nord-ouest de la wilaya) les conditions climatiques seraient typiques du climat semi-aride détermine deux saisons, une pluvieuses (mars-avril et septembre-novembre) et autre sèches correspondant aux mois de juin et juillet.

Par ailleurs, la région de Khenchela est située dans une zone à vocation agropastorale caractérisée par une récente forte anthropisation. Près de 90% de la population pratique l'agriculture de subsistance. Cette agriculture, vitale pour la population locale, est étroitement dépendante du régime pluviométrique et de ses excès qui impactent les rendements agricoles à différentes échelles de temps et d'espace. Malheureusement, les caractéristiques pluviométriques de ces événements pluvieux ne sont que trop peu étudiées alors quelles influenceraient l'évolution des écosystèmes locaux. Elles exacerbent notamment des phénomènes environnementaux perturbant la structure urbaine à Khenchela.

Tous ces phénomènes supposés extrêmes par la population locale ne sont pas argumentés objectivement sur des bases scientifiques stipulent qu'il manque d'informations sur les tendances des variables pluviométriques et des extrêmes climatiques dans beaucoup de régions à travers les pays en développement. SOLOMON *et al.* (2007) et OZER *et al.* (2009) estiment également que les indices pluviométriques sont encore trop peu étudiés.

Malgré les conséquences souvent dramatiques de la fluctuation pluviométrique sur l'agriculture et l'environnement à Khenchela, sa variabilité reste mal connue de même que les valeurs extrêmes dans sa série chronologique, d'une part, et d'autre part, la seule étude pluviométrique quotidienne de Khenchela ne couvrent que l'étude climatique classique.

Il s'avère donc nécessaire d'analyser minutieusement le cycle saisonnier de la pluviométrie à Khenchela. En effet, l'intérêt de ce type d'étude réside dans le fait que les événements extrêmes pourraient devenir plus fréquents suite au réchauffement climatique (HOUGHTON *et al.* 2001), et qu'il convient de s'y pencher dès maintenant. Il existe actuellement un fort intérêt scientifique pour le domaine de l'analyse des extrêmes climatiques parce qu'ils témoignent de certaines non-linéarités importantes et leurs conséquences économiques et sociales sur l'activité humaine sont potentiellement énormes (NAVEAU *et al.*, 2005).

La question des effets du changement climatique d'origine anthropique sur les événements climatiques extrêmes n'a pu être abordée que relativement récemment, en raison de la nécessité de développer des outils méthodologiques appropriés. L'analyse de leurs résultats pourrait permettre d'appréhender la manière dont les écosystèmes (et les socio-écosystèmes) réagissent à des perturbations rares mais extrêmes de l'environnement. A Khenchela, on assiste ces dernières années à des tarissements précoces de certaines sources pendant les saisons sèches, même peu marquées.

L'objectif que nous voulons l'atteindre est de mettre en évidence l'impact du changement climatique sur la pluviométrie de la région de Khenchela, qu'il peut apparaître aux analyses des précipitations extrêmes.

Notre travail s'est basé sur une recherche documentaire, des collectes d'informations et des statistiques relatives au thème. La recherche que nous avons menée, dans ce mémoire est structurée – après une Initiation au changement climatique - en trois chapitres :

Une présentation générale de la région d'étude Khenchela, Analyse climatique et Analyse statistique sur une longue série de données pluviométrique (moyennes annuelles, max journalières, nombre de jours pluvieux dans l'année de 1994 à 2018).

Nous terminerons notre travail par une conclusion générale dans laquelle, nous présenterons les principaux résultats et quelques recommandations.

Initiation au réchauffement climatique :

Tout-le-monde se rencontre habituellement des événements climatiques bizarres inexplicable traditionnellement (par foie des dégâts catastrophiques tel que les inondations et la disparition des saisons de chut de neige qu'on a était souvent voire au niveau de Khenchela), ce qui a engendré une réaction très vaste des scientifique au niveau mondial pour les examiné et les interprété. Pour cela le mande entier parle du changement climatique et de l'effet de serre.

D'après d'encyclopédie Wikipédia; l'idée de changement climatique redevient un thème scientifique important de puis le 18^{ème} siècle, mais seulement à partir de la fin du première guère mondial que la climatologie se constitue comme science véritable. Alors, En 1988, l'ONU crée le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) pour synthétiser des études scientifiques. Où ils ont affirmé en 1990 que le réchauffement climatique depuis 1950 est « très probablement », dû à l'augmentation des gaz à effet de serre liés aux activités humaines (d'origine anthropique). Alors Qu'est-ce que le réchauffement climatique ?

Les changements climatiques observés Les observations mettent en évidence un changement de la composition de l'atmosphère (augmentation des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre tels que le CO₂ et le méthane (CH₄), etc.), ainsi qu'un changement du climat mondial (températures, précipitations, niveau de la mer, glace marine, et dans certaines régions, phénomènes climatiques extrêmes, y compris vagues de chaleur, fortes précipitations, et sécheresses, etc.).(AIT BENNOUR et al 2016)

Onze des douze dernières années (1995–2006) figurent parmi les douze années les plus chaudes depuis 1850, date à laquelle ont débuté les relevés instrumentaux de la température à la surface du globe. Les températures ont augmenté presque partout dans le monde, bien que de manière plus sensible aux latitudes élevées de l'hémisphère Nord. Par ailleurs les terres émergées se sont réchauffées plus rapidement que les océans (GIEC, 2007)¹. Cette évolution n'est pas uniforme et tend à varier d'une région à une autre, par exemple, le réchauffement en Afrique est légèrement plus élevé par rapport à la tendance mondiale en 2001 (Figure 1).

1993 et 2003 traduit une variation décennale ou un renforcement de la tendance à long terme. Entre 1900 et 2005, les précipitations ont fortement augmenté dans l'Est de l'Amérique

¹- *Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*

du Nord et du Sud, dans le Nord de l'Europe et dans le Nord et le Centre de l'Asie, tandis qu'elles diminuaient au Sahel, en Méditerranée, en Afrique australe et dans une partie de l'Asie du Sud. Il est probable que la sécheresse a progressé à l'échelle du globe depuis les années 1970. Il est très probable que les journées froides, les nuits froides et le gel ont été moins fréquents sur la plus grande partie des terres émergées depuis cinquante ans et que le nombre de journées chaudes et de nuits chaudes a au contraire augmenté. De plus, la fréquence des phénomènes ci-après s'est probablement accrue : vagues de chaleur sur la majeure partie des terres émergées, fortes précipitations dans la plupart des régions et, depuis 1975, élévations extrêmes du niveau de la mer dans le monde entier (GIEC, 2007).

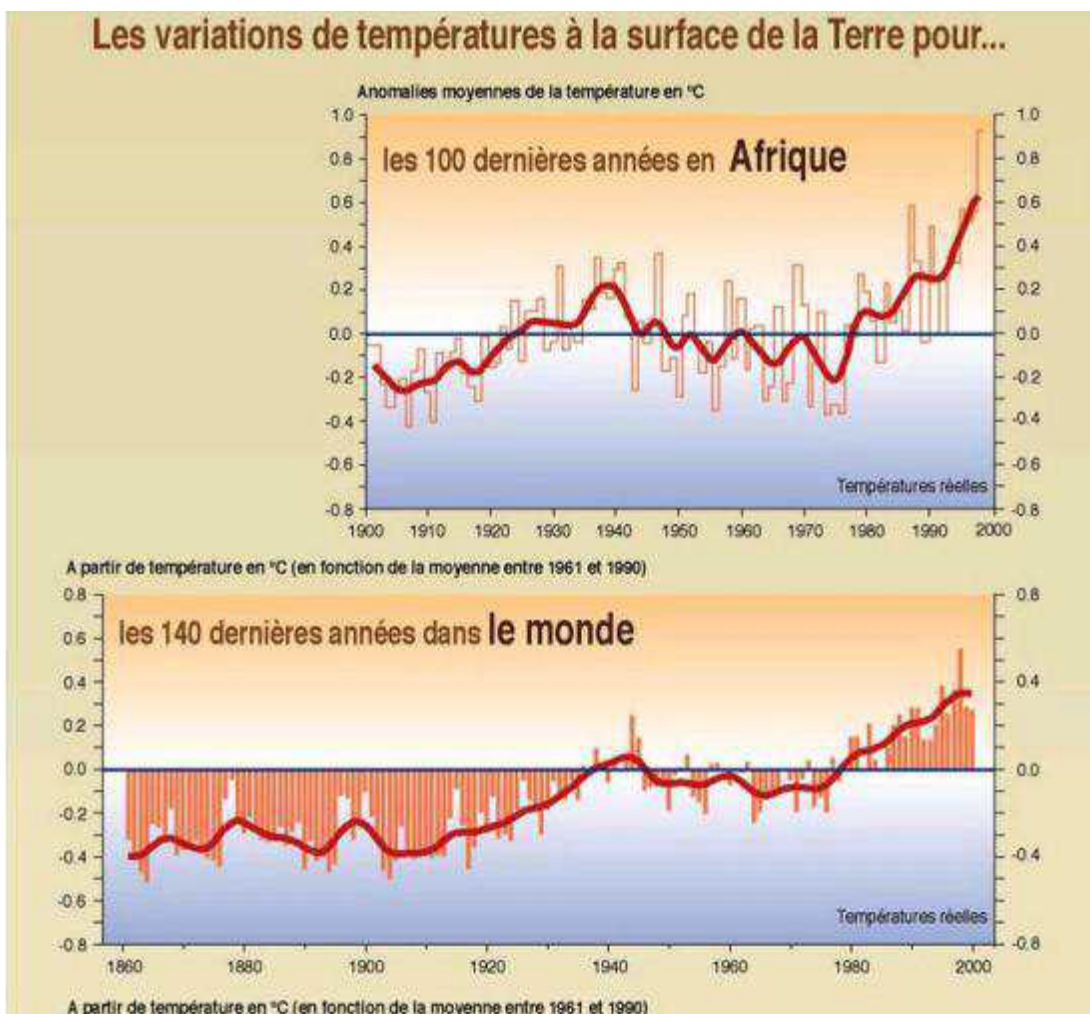


Figure 1: Comparaison entre les variations de températures en Afrique et la tendance de réchauffement mondial (<http://www.grida.no/publications>).

Les conséquences environnementales de changement climatiques vis-à-vis de notre thème :

Selon le GIEC, « le réchauffement anthropique de la planète pourrait entraîner certains effets qui sont brusques ou irréversibles, selon le rythme et l'ampleur des changements climatiques :

- Montée des eaux au niveau des océans : engendré par deux phénomènes : L'augmentation du volume de l'eau due à son réchauffement (quelques dizaines de centimètres d'ici 2100). et par l'apport d'eau supplémentaire provenant de la fonte des glaciers continentaux et des calottes polaires. Ce dernier phénomène s'étale sur une longue durée. (AIT BENNOUR et al 2016)

- Précipitations et foudre :

Selon le rapport 2007 du GIEC, une augmentation des précipitations aux latitudes élevées est très probable tandis que dans les régions subtropicales, on s'attend à une diminution, poursuivant une tendance déjà constatée. Selon des études publiées en 2007-2008, à l'horizon 2025, un tiers de la population mondiale pourrait se trouver en état de stress hydrique.

La question qu'est ce pose, est que nous somme casernés du ces changements climatiques ?

Les phénomènes climatiques en Algérie:

L'Algérie fait partie de ce monde qui se réchauffe. A l'instar des autres pays, il est également touché par le changement climatique. Selon l'Institut international de développement durable (IISD)², les données climatiques relevées dans l'Algérie durant le XXe siècle indiquent un réchauffement estimé à plus de 1°C avec une tendance accentuée au cours des 30 dernières années. «Ainsi, on est passé d'une sécheresse tous les dix ans au début du siècle à cinq à six années en dix ans actuellement», constate l'IISD. Des prévisions approximatives à cause de la faiblesse des modèles de circulation générale en Algérie font état d'une probable augmentation de la température de l'ordre de 2°C à 4°C durant le XXIe siècle dans des pays très peu émetteurs de gaz à effet de serre (entre 1,5 et 3,5 TE Co₂/hab/an) La position géographique de l'Algérie, en zone de transition, et son climat aride et semi-aride, en fait un espace très vulnérable. (AIT BENNOUR et al 2016)

Le directeur général de l'ONM, révélait, que les températures avaient augmenté de 6/10 depuis 1990 et la pluviométrie a reculé de 12% pour la période 1990/2005.

² - L'Institut international du développement durable

Tout cela nous amène à poser la problématique de ce travail.

Une déclaration de l'OMM qu'il a cité que : les phénomènes extrêmes sont souvent lourds de conséquences, tant sur le plan humain – pertes en vies humaines, atteintes à la santé et déplacements de population – que sur le plan économique. Ils constituent aussi un grand facteur de variabilité interannuelle de la production agricole. (OMM mondiale, 2018). Et surtout nous sommes dans un monde où la population est de plus en plus exposée aux risques naturels, l'évaluation des aléas hydrométéorologiques est un sujet sociétal majeur. Surtout sous l'effet du changement climatique, l'étude des extrêmes pluviométriques est nécessaire à la fois pour la gestion du risque et pour le dimensionnement d'ouvrages.

On a commencé par une présentation de la région d'étude.

Chapitre 1 : Présentation de la région d'étude

Situation géographique :

La région de Khenchela est située à l'Est à l'extrémité du massif des Aurès à 120 Km au S.E de Constantine.

Et confine avec les wilayas de:

Au Nord par la wilaya d'Oum El- Bouaghi,

Au N-W par la wilaya de Batna,

Au S-W par la wilaya de Biskra,

A L'Est par la wilaya de Tebessa,

A« Sud par la wilaya d'El Oued.

Son étendue territoriale couvre une superficie totale de 9 715 Km². (Zidani et al, 2016)

Oum El-Bouaghi

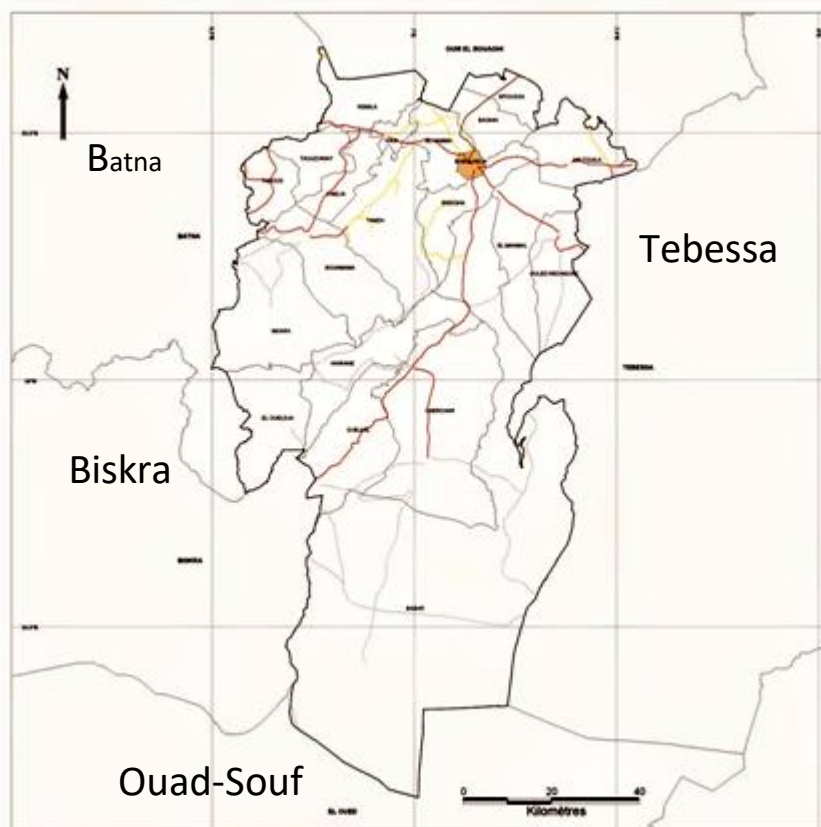


Figure 2: carte de situation géographique de la région de Khenchela.

Sur le plan géographique, la région de Khenchela appartient à l'ensemble naturel des Hauts Plateaux, un ensemble occupant la partie médiane du territoire national et bien individualisé géographiquement par les deux chaînes montagneuses de l'Atlas : l'Atlas tellien

au Nord et l'Atlas saharien au Sud. De par ses spécificités physiques, liées à ses caractéristiques géographiques, cette wilaya présente une particularité, qui fait d'elle, avec la wilaya de Batna, l'une des wilayas uniques dans son genre. En effet, la surrection des Aurès au quaternaire donne à cette partie de l'Atlas saharien une physionomie très proche des espaces montagneux du nord, et de ce fait la région se distingue par ses milieux physiques et naturels très diversifiés et à facettes multiples, alliant entre :

- Paysages telliens (zones de haute montagne, bien arrosées et bien boisées à paysages verdoyants) : Monts des Aurès occupant la partie ouest de la wilaya ;

- Paysages de hautes plaines (hautes plaines céréalières semi-arides) pour la partie nord de la wilaya ;

- Paysages steppiques et sahariens composés : de monts totalement dénudés et érodés (monts des Némenchas à l'est), d'oasis (Siar, Khirane et El Ouldja) et de basses plaines (El Meita). (KHABTHAN, 2014)

Le patrimoine forestier de la wilaya d'est constitué de 146.303 ha de forêts et 42.000 ha d'alpha soit un total de 188.303. (ANDI)³

Sur le plan démographique, La population totale de la wilaya est estimée à 414.550 habitants, dont 30% en milieu rurale. (Au 31/12/2011). 52% des habitants de la wilaya ont l'âgés moins de 24 ans. (Office National des Statistiques ONS. 2008)

Le relief :

Le relief est la résultante de la combinaison entre deux facteurs : l'altitude et la pente ; cette dernière, par ses effets handicapants, constitue l'un des facteurs les plus contraignants pour l'aménagement du territoire en général et la mise en valeur agricole en particulier.

Le relief de la wilaya de Khenchela présente, d'une manière générale, trois compartiments distincts :

- Une zone de hautes plaines, au nord, qui se singularise par une altitude d'ensemble oscillant entre 850 et 900 mètres et une pente généralement faible (inférieure à 3%).

- Les hautes plaines au Nord; couvrent 15 % du territoire. C'est une région de plaines à fortes potentialités hydriques qui offrent de grandes possibilités pour le développement agricole. (Zidani et al, 2016)

- Une zone de montagnes au centre de la wilaya, formée par le massif des Aurès et Némenchas, dont le point culminant atteint 2169 m sur le Djebel Chélia, ce qui fait de lui l'un

³ - Agence Nationale de Développement de l'Investissement

des sommets les plus élevés de l'Atlas Algérien. Cette zone, dont l'altitude oscille entre 1000 et 2169 mètres, est entrecoupée par des vallées étroites, de direction générale Nord-est ;

Une zone de plaines steppiques et présahariennes au sud, dont une partie se situe au dessous du niveau de la mer (Oglat El Barra : moins 26 m). De topographie relativement plane, elle appartient à la grande cuvette du bassin de chott Melghir où se situe le grand Erg oriental (Figure 03). (KHABTHAN, 2014)

L'altitude :

La wilaya de Khenchela se caractérise par une très forte dénivellation. En effet l'altitude oscille entre moins 26 mètres au dessous du niveau de la mer (Chott Melghir au sud-est de la wilaya) et 2169 mètres au dessus du niveau de la mer (Djebel Chélia) sur les monts des Aurès au nord-ouest de la wilaya (Figure 03). Globalement, on relève cinq domaines à altitudes différenciées :

- Le domaine montagneux des Aurès, au Nord-Ouest, qui se distingue par ses altitudes très élevées, où l'on dénombre de nombreux sommets dépassant les 1500 m : Djebel Chélia (2169m) ; successions de monts atteignant 1623 à 2113 m sur la chaîne montagneuse du Djebel Tafrent ; Djebel Fourhal (1698 m, etc.. ;
- Le domaine montagneux des Nemenchas, à l'est, dont l'altitude oscille entre 600 et 1400 m, avec toutefois quelques sommets avoisinant les 1600 m (versant nord d'El Outa Guert). Les monts des Nemenchas se distinguent par leur dénivellation qui s'abaisse brutalement du nord au sud ;
- Le domaine des hautes plaines au nord, dont l'altitude oscille généralement entre 800 et 1000m ;
- Le domaine des piémonts des Némemchas, dont l'altitude oscille entre 200 et 600 m ;
- Le domaine des basses plaines sahariennes, dont l'altitude se situe entre moins 26 mètres (bordure de Chott Melghir) et 200 mètres (piémonts des Nemenchas).

Afin de mieux caractériser cette composante du relief, une carte des classes de d'altitudes a été dressée pour le territoire de la wilaya, sur la base de la grille utilisée par le ministère de l'aménagement du territoire, de l'environnement et du tourisme (MATET) pour le classement des zones de montagnes. Cette grille, préconise 04 classes d'altitudes, définies comme suit :

- Les zones de piémonts et contiguës : classe comprise entre 0 et 400 mètres ;
- Les zones de moyenne montagne, étage inférieur : classe comprise entre 400 et 800 mètres ;

- Les zones de moyenne montagne, étage supérieur : classe comprise entre 800 et 1200 mètres;
- Les zones de haute montagne : classe supérieure à 1200 mètres. (KHABTHAN, 2014)

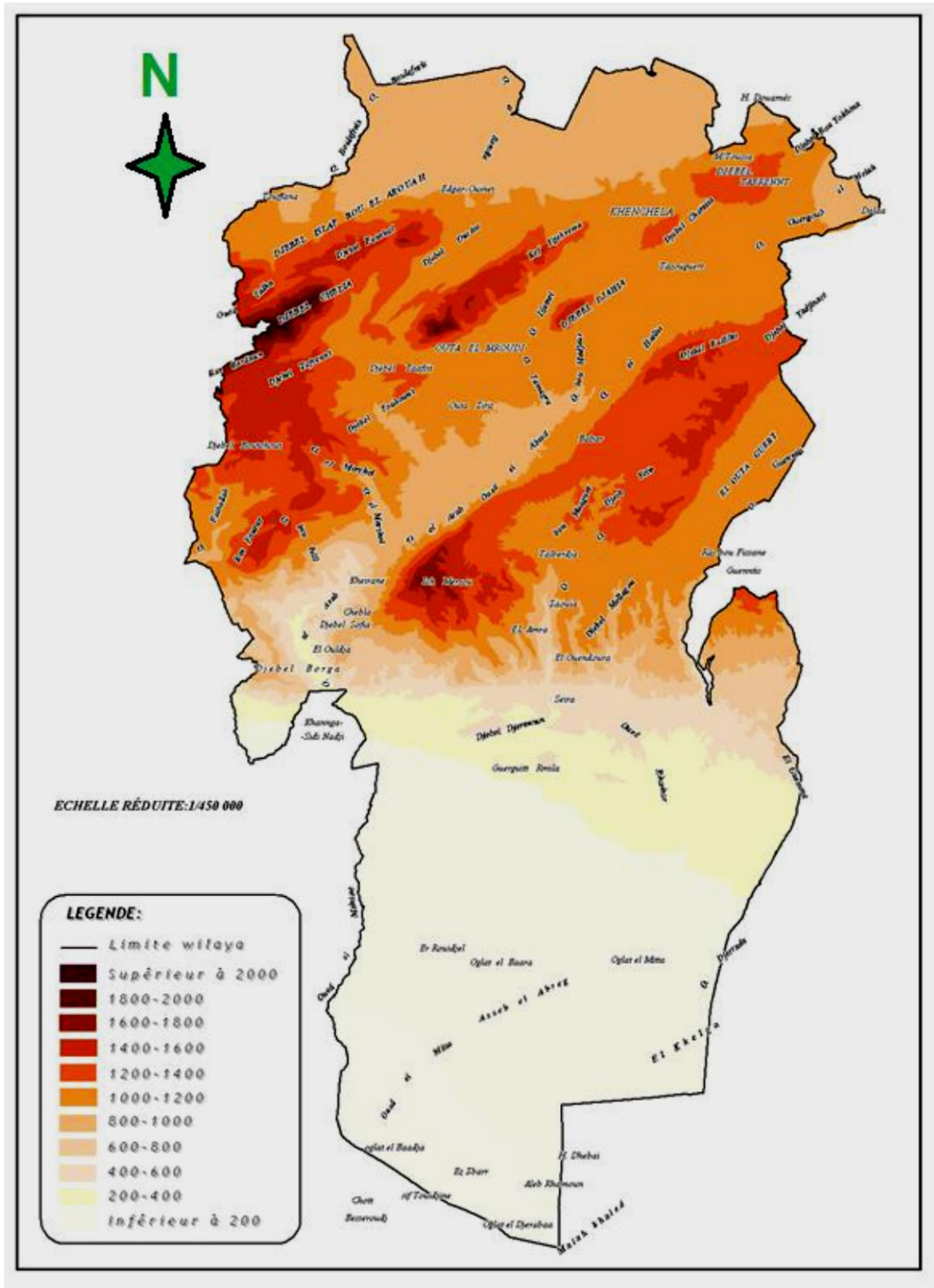


Figure 3 : la carte des altitudes de la région de Khenchela (source CENEAP P.A.D.D de la wilaya de Khenchela, 2009)

Hydrologie :

La région de l'étude s'inscrit dans les limites géographiques de trois bassins versants :

- Le bassin versant des Hautes Plaines constantinoises, qui correspond à la partie nord de la wilaya (piémonts nord des Aurès et zone des dépressions) ;

- Le bassin versant de la Médjerdah, pour la partie nord-est correspondant aux versants sud des djebels: Chettaia, Tafrennt et Bou Tokhma, et, aux versants nord des Djebels : Tadilist et Tadjinnart ;

- Le bassin versant du Chott Melghir, pour les parties médiane et sud de la wilaya, correspondant au massif des Aurès, aux monts des Nemenchas, aux vallées des oueds El Arab et Mellagou, ainsi qu'aux plaines steppiques et présaharienne du sud. Contrairement aux deux premiers bassins précités, qui ne touchent qu'une petite partie de la wilaya, ce bassin couvre plus des trois quarts du territoire.

Concernant le réseau hydrographique, la wilaya est drainée par quelques oueds d'une importance relative et à caractère endoréique, alimentés par un chevelu très dense. Les cours les plus importants sont présentés ci-après par bassin versant (Figure 4) :

- Le bassin versant des Hautes Plaines constantinoises : ce bassin est drainé principalement par les oueds Boulefreis, Er Remila et Gueis. Ces oueds, alimentés par un chevelu très dense de petits cours d'eau, se jettent tous au niveau des dépressions (petites sebkhas) situées au nord de la wilaya. Au vu des apports pluviométriques limités dans cette zone et de la présence de formations triasiques, on déduit que le volume des écoulements est faible et que la qualité des eaux est saline

- Le bassin versant de l'oued Medjerdah : ce bassin, qui correspond à la zone de montagne et de vallée du nord-est de la wilaya, est drainé principalement par l'oued Guergoub ;

- Le bassin versant de chott Melghir : ce bassin couvre les parties médiane et sud de la wilaya, correspondant au massif des Aurès, aux monts des Néménchas, aux vallées des oueds El Arab et Mellagou, ainsi qu'aux plaines steppiques et présahariennes du sud ; il est drainé par :

- Oued El Arab, qui est le résultat de la confluence des oueds Mellagou et El Abiod. Cet oued, qui se jette dans le chott Melghir, traverse les communes de Kheirane et El Ouldja, où il creuse de véritables canyons.

- Oued El Abiod, qui prend naissance dans les Aurès avant de confluer avec l'oued Mellagou ;

- Oued Mellagou, qui prend sa source dans les Aurès avant de confluer avec l'oued El Abiod ;

- Oued Zaouia, qui prend sa source dans les Nemenchas et qui se jette au sud dans le chott. Cet oued creuse lui aussi un véritable canyon ;

- Oued Rharhar, qui prend naissance dans les piémonts des Nemenchas à l'est, pour donner naissance plus au sud à l'oued El Mita, avant de rejoindre le chott. (KHABTHAN, 2014)

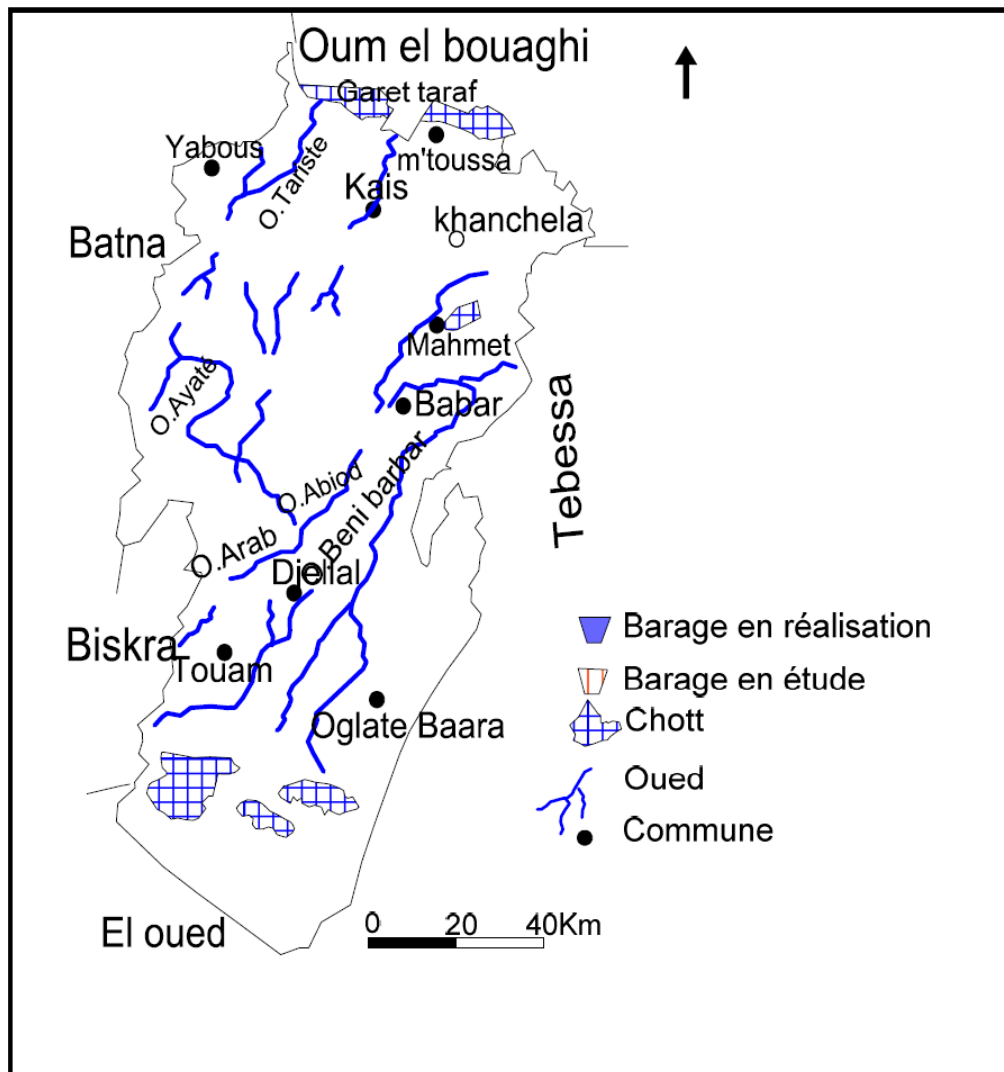


Figure 5 : Carte de réseau hydrographique de la wilaya de Khenchela (D'après D.H.W.)

Conclusion :

La situation géographique de Khenchela constitue également, un trait d'union non moins appréciable entre le Nord/ Est et le Sud du pays.

De point de vue d'une superficie très importante avec une nature physique variable de la région de Khenchela, Et aussi, l'hétérogénéité du relief et de l'altitude, implique une extrême diversité des aspects climatiques. Ce qui confirme aussi la dominance de secteur de l'agriculture comme étant la principale activité économique de la région,

Le réseau hydrographique de la région est assez dense, les habitant se concentrent et s'installent là où il y a de l'eau en quantité suffisante pour répondre à leurs besoins (les oueds permanentes).

Chapitre 2 : Étude climatique

Ce chapitre présente l'analyse des paramètres climatiques a fin d'établir un bilan hydrologique de cette région d'étude. Les données climatologiques utilisées pour caractériser le climat de la zone d'étude sont reprises de la station pluviométrique « EL HAMMA » tableau 1.

Cette station météorologique est située à a la commune d'El-Hamma pas loin de l'Université de Abbas Laghrour, dont les coordonnées sont mentionnées dans le tableau suivant :

Tableau 1: Caractéristiques de station pluviométrique EL HAMMA.

Stations El-Hamma	Latitude	Longitude	Altitude	Série d'observation
	35°28'33.3"N	7°05'28.3"E	982.5m	1994-2018

Variation de la pluviométrie :

Précipitation moyenne annuelles :

On a représenté les données des précipitations moyennes annuelles dans le graphe (Figure 6) durant la période (1994-2018). Avec un tableau récapitulatif des résultats importants (Tableau 2).

Tableau 2: Année pluviale et sèche de Khenchela (1994-2018).

Station de EL-HAMMA	Valeur de précipitation maximale	Année la plus pluvieuse	Valeur de précipitation minimale	Année sèche
	756,8mm	2010	267mm	2017

Pour les différents périodes, on remarque une variabilité des apports annuels des précipitations, ô la grande valeur de pluviosité annuelle dans la station d'EL HAMMA est

enregistrée en 2010 avec une valeur égale 756.8 mm, et la plus petite valeur est enregistrée en 2017 avec des précipitations de 267 mm. La pluie moyenne interannuelle est de l'ordre de 480,6 mm.

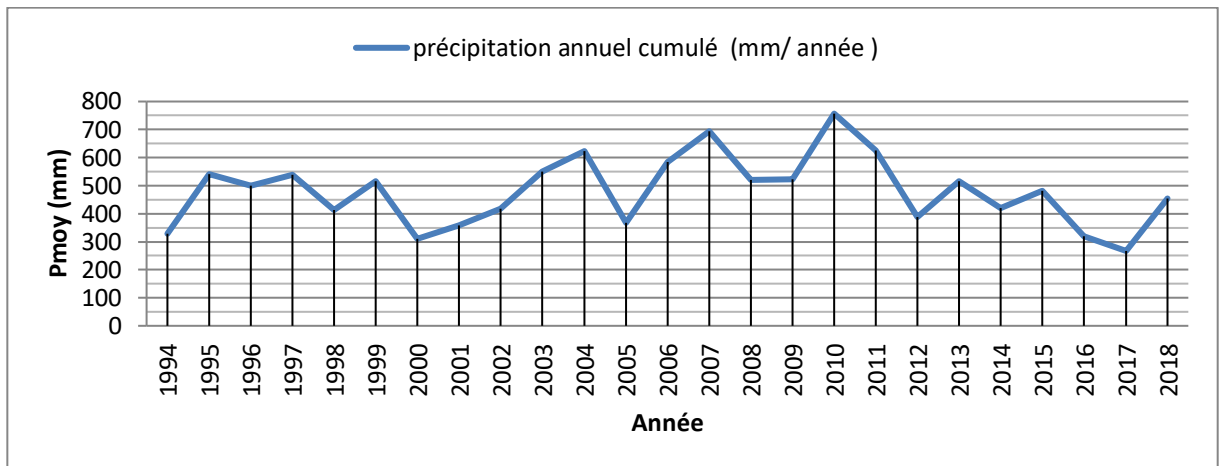


Figure 6: précipitations moyennes annuelles de Khenchela (1994-2018).

Précipitation moyenne saisonnière :

On remarque que la saison la plus arrosée c'est le Printemps avec 144.16mm, puis l'automne avec 131.61 mm, l'Hiver avec 113.13 mm et en fin l'Eté avec 81.17 mm. (Tableau3)

Malgré la variabilité des précipitations on remarque que les pluies du Printemps sont toujours importantes (30.67%), la saison d'été est la moins pluvieuse (17.27%). Par contre les saisons d'automne et de l'hiver restent particulièrement humides. (Figure7).

Tableau 3: Précipitation saisonnière de Khenchela (1994-2018).

les saisons	Automne		Hiver		Printemps		Eté	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
EL HAMMA	31.61	8.00	13.13	4.06	44.16	0.67	1.17	7.27

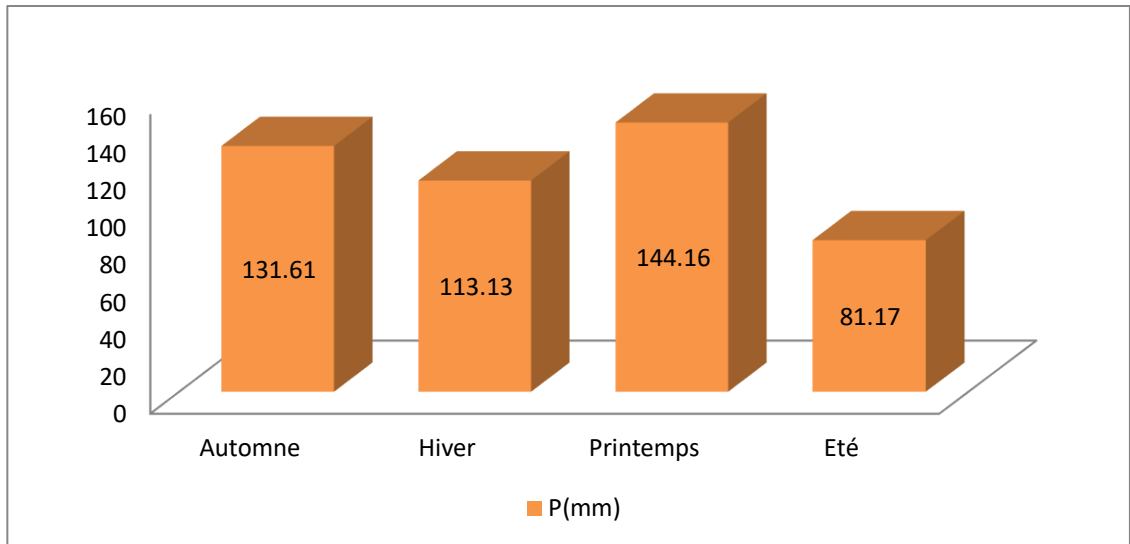


Figure 7: Les Variations moyenne saisonnières des précipitations de Khenchela (1994-2018).

Précipitations moyennes mensuelles :

La répartition des précipitations moyennes mensuelles est variable et ses variations conditionnent en relation avec les facteurs thermiques et l'écoulement saisonnier. (Figure8).

Tableau 4: Moyennes des précipitations mensuelles de Khenchela (1994-2018).

Mois	Jan	Fer	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
P Moy	44,4	37	39,2	46,4	59,5	38,9	16	45,3	54,3	41,3	35,9	37,9

Pour les différents périodes, on remarque une variabilité des apports mensuels des précipitations, ou la grande valeur de pluviosité mensuelle dans la station d'EL HAMMA est enregistrée le mois du Mai avec une valeur égale à 59.5 mm, et la plus faible valeur est enregistrée le mois du Juillet avec 16 mm.

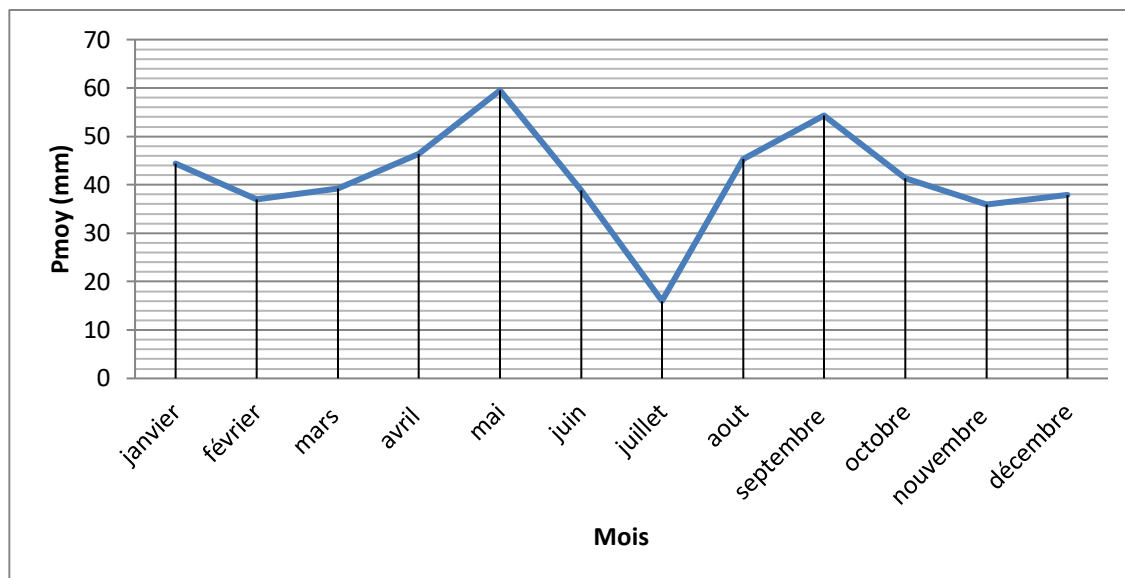


Figure 8: Moyennes des précipitations mensuelles de Khenchela (1994-2018).

Les températures :

La température est un facteur important du climat et fortement influencé par le changement climatique, pour étudier les variations de la température on a calculé la moyenne de température de chaque mois, en plus des températures maximales et minimales, sont représentés dans le tableau suivant.

Tableau 5: Température mensuelle de Khenchela (1994-2018).

	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Min	2,35	2,63	5,04	7,52	11,49	15,67	18,91	18,56	15,4	11,28	6,46	3,98
Max	11,2	12,28	15,93	19,76	25,04	30,64	34,84	33,68	27,67	22,12	16	11,83
Moy	6,77	7,45	10,48	13,64	18,26	23,15	26,87	26,12	21,53	16,7	11,23	7,9

Les résultats obtenus dans le (tableau 5) permettent de tracer des courbes (Figure 9) qui représente la température maximale de la station d'El Hamma évalué à 34.84 C° en mois de Juillet et la température minimale évaluée à 2.35 C° en mois de Janvier.

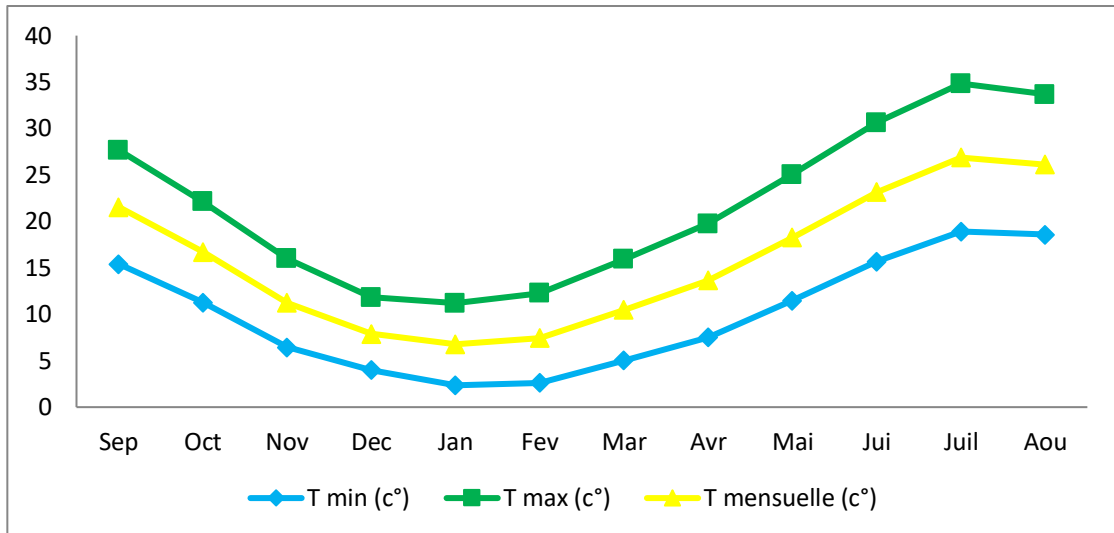


Figure 9: Température mensuelle pour de Khenchela (1994-2018).

La figure suivante présente la tendance des températures moyennes annuelles et des températures des mois le plus froid et le plus chaud. Généralement, une tendance à une faible diminution pour les moyennes annuelles et les températures du mois de Janvier à été révélée, cette tendance à l'abaissement des températures du mois le plus froid et accompagnée par une augmentation des températures de la période estivale.

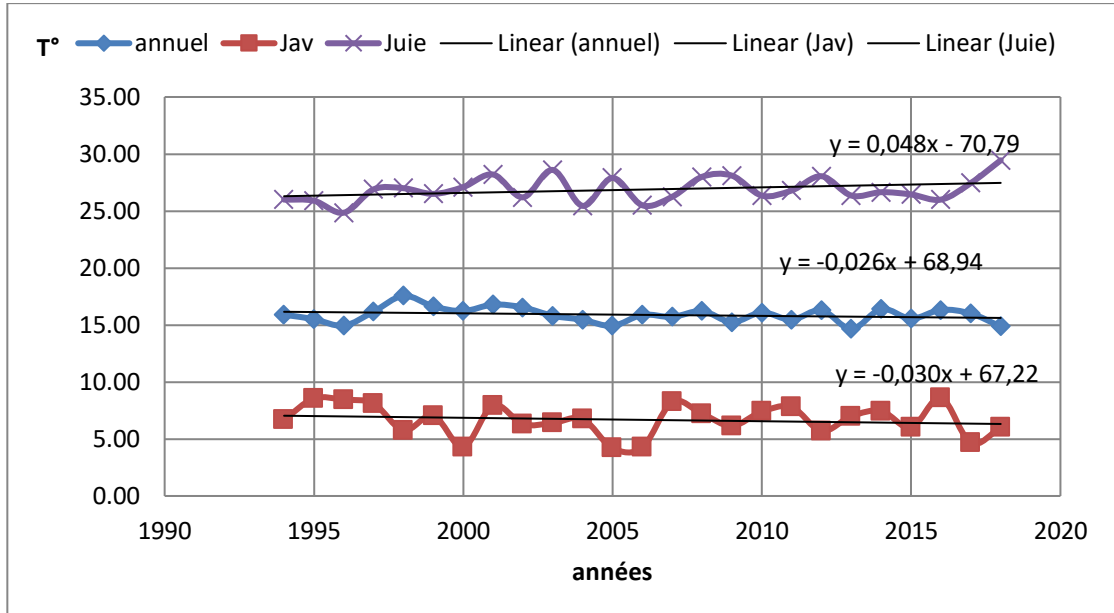


Figure 10: Evolution de température (moyennes annuelles; mois de Janvier Février et Juillet) de Khenchela (1994-2018).

Diagramme Ombro-Thermique de Gaussen :

Mettre en évidence la notion des saisons humides et sèches, comme celui ayant un total pluviométrique (moyenne en millimètres) égal au double de la température ($P = 2T$).

Il permet de déterminer la période sèche, durant la quelle la moyenne mensuelle des précipitations du mois est inférieure ou égale au double de la température.

Le diagramme Ombro-thermique montre que la région d'étude (figure 7) présente deux périodes : Une période humide et pluvieuse : au début de mois de Septembre jusqu'à la fin mois de Mai; Une période sèche : début du moi de Juin jusqu' au la fin du mois d'Aout.

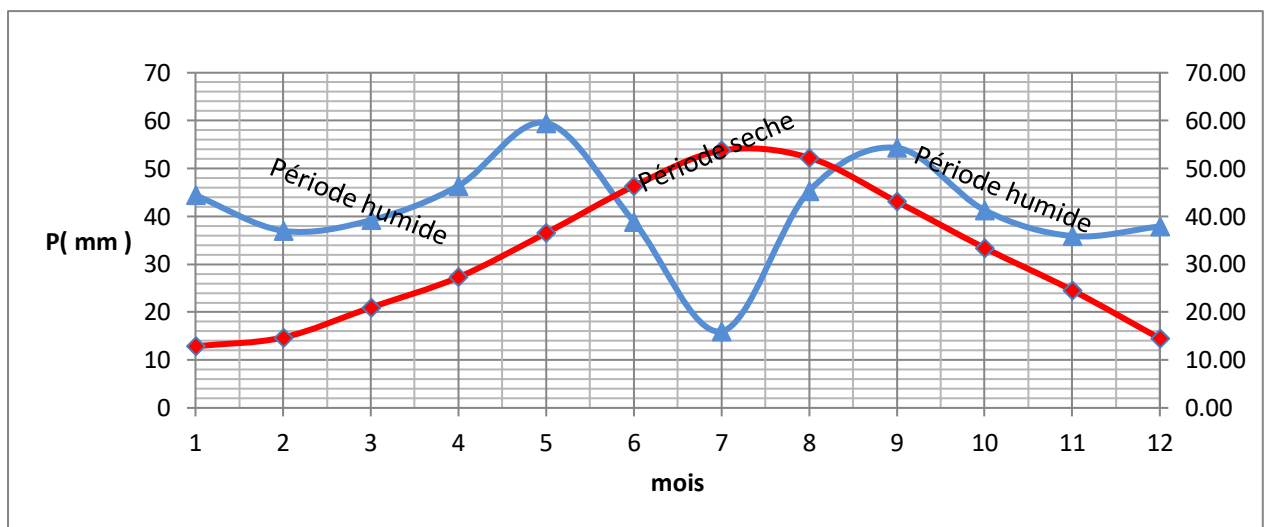


Figure 11: Diagramme Ombro-thermique de Khenchela (1994-2018).

Climato Gramme d'Emberger :

Pour caractériser le climat de Khenchela on utilise le climato gramme d'Emberger (Figure 6) de la région étudiée, dans la quelle il est représenté en ordonnées les valeurs de Q_2 données par

$$\text{la relation suivante : } Q_2 = 2000 \frac{P}{(M^2 - m^2)}$$

Avec :

P : La précipitation moyenne annuelle en (mm).

M : La température maximum du mois le plus chaud en degré kelvin (K°).

m : La température minimum du mois le plus froid en degré kelvin (K°).

$$T (K^\circ) = T(C^\circ) + 273.15 \quad \text{donc :}$$

Tableau 6 : Les valeurs de Q2.

Station El Hamma	P (mm)	Température max		Température min		Q ₂
		C°	K	C°	K	
	480.5	34.84	307.99	2.35	275.5	

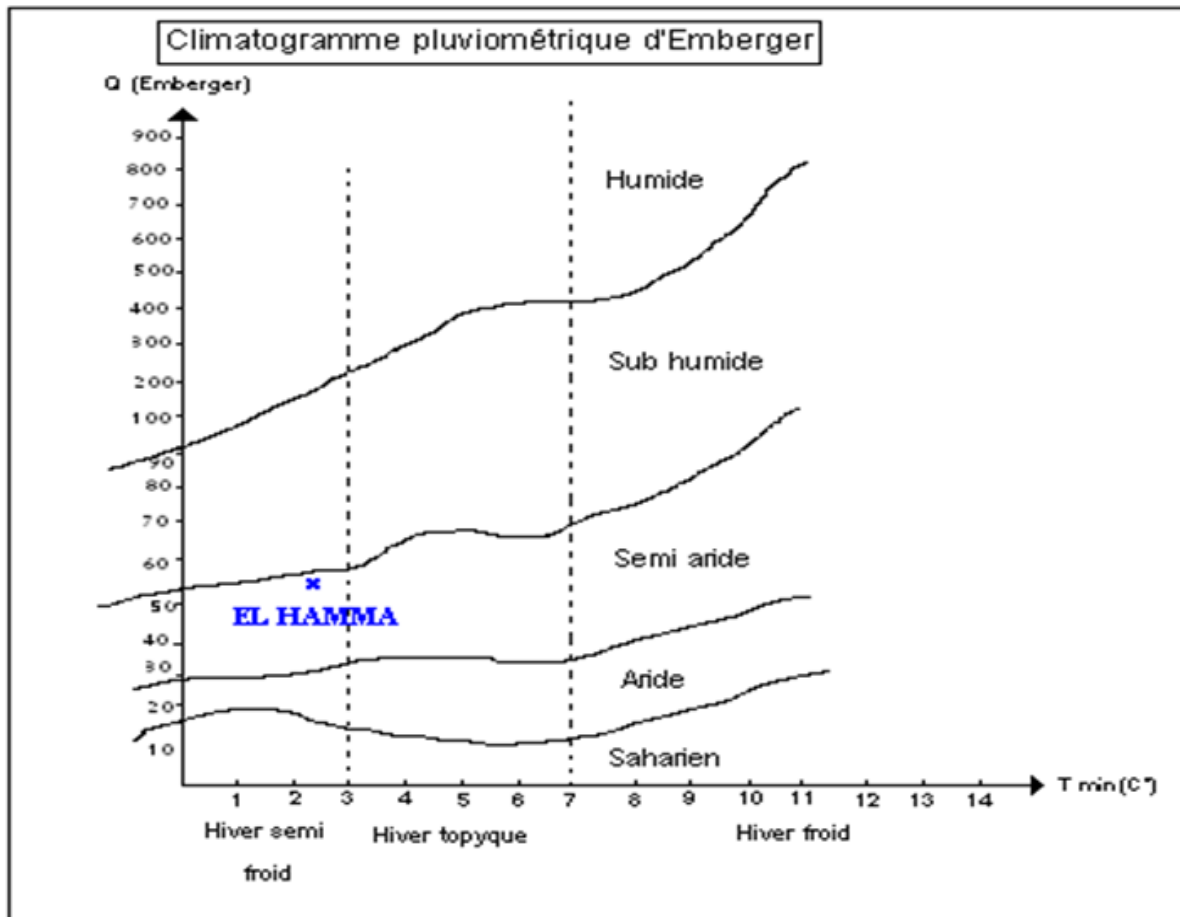


Figure 12: Le Climatogramme d'Emberger de Khenchela (1994-2018).

La réalisation de l'abaque (Figure12) à partir des données représentées dans le (Tableau 14), nous permet de déduire que la station d'ELHAMMA appartient à l'étage bioclimatique semi-aride supérieur à Hiver frais.

L'indice d'aridité :

L'indice d'aridité est un indicateur climatique suite à une faible pluviométrie, présent à un endroit donné. On va calculer cet indice (I) par la formule de MARTONNE.

I : Indice d'aridité.
$$I = \frac{P}{T+10} \quad I = 18.60$$

P : Précipitation moyenne annuelle (mm).

T : Température moyenne annuelle (C°).

Avec : **I**<5 : Climat hyperaride.

5<**I**<7.5 : Climat désertique

7.5<**I**<10 : Climat steppique.

10<**I**<20 : Climat semi-aride.

20<**I**<30 : Climat tempère.

On peut dire que Le climat de la région de Khenchela est de types semi-aride.

L'humidité:

Humidité du sol : méthode d'Euverte

Utilisant le rapport P/T, pour pouvoir déterminer l'évolution de l'humidité du sol ;

Le rapport P/T permet de déterminer quatre types de régimes :

p/t < 1 : Régime très sec.

1 < p/t < 2 : Régime sec.

2 < p/t < 3 : Régime subhumide.

p/t > 3 : Régime humide.

Le tableau suivant montre les rapports p/t mensuels, et les régimes correspondant à la Figure 11.

Tableau 7: Rapports P/T mensuels de Khenchela (1994-2018).

	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
P (mm)	44,4	37	39,2	46,4	59,5	38,9	16	45,3	54,3	41,3	35,9	37,9
T (°C)	6.69	7.50	10.48	13.35	18.22	23.31	26.82	26.30	21.35	17.13	11.25	7.95
P/T	6,55	4,96	3,74	3,40	3,26	1,68	0,60	1,73	2,52	2,47	3,20	4,80

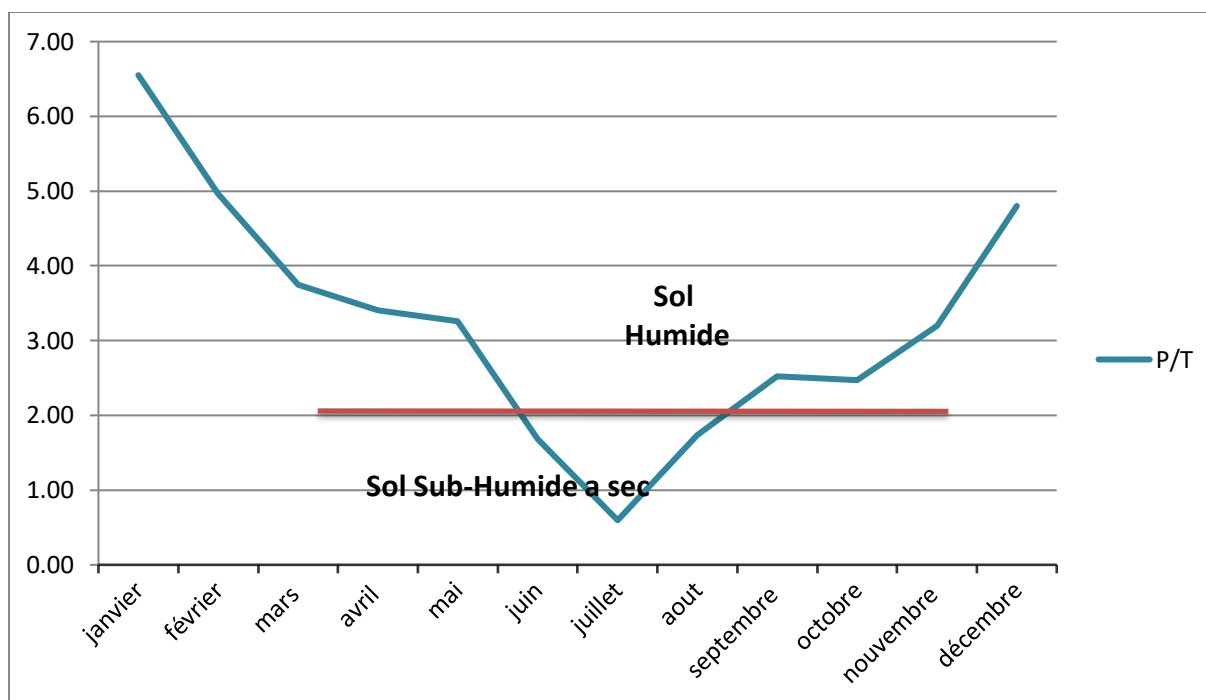


Figure 12: Diagramme de l’humidité du sol par la méthode d’Euverte de Khenchela (1994-2018).

Les vents :

Les vents soufflent généralement de direction Nord-Ouest et Ouest-Sud-Ouest, ils sont de vitesse faible à modérés. Ceux de l’Ouest-Sud-Ouest dominants pendant la saison estivale, ceux du Nord-Ouest pendant le reste de l’année qui sont canalisés par le couloir existant entre les massifs.

Tableau 8: Vitesses des vents moyennes mensuelles de Khenchela (1994-2018).

Mois	Seb	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Moy
V (km/h)	27.26	25.26	28.63	25.89	24.55	25.33	27.33	28.47	27.33	27.66	26.66	26.89	26.77

V : Vitesse des vents (Km/h).

Les mesures de vitesse des vents indiquent une vitesse moyenne de 24 m/s durant le mois de Janvier, et une vitesse moyenne de 28 m/s au mois de novembre. (Figure 13).

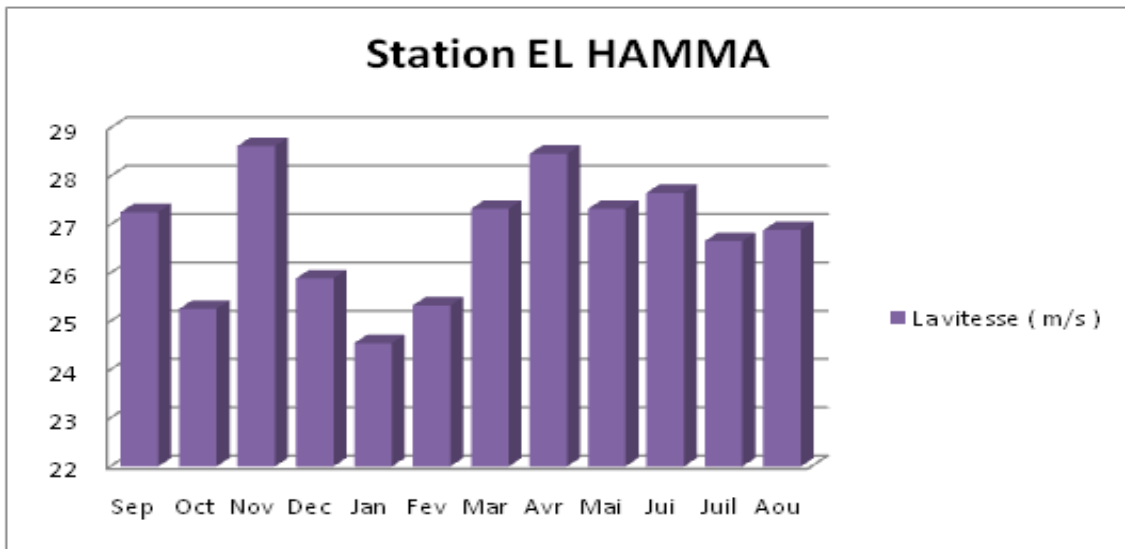


Figure 13: Moyenne mensuelle des vitesses du vent de Khenchela (1994-2018).

Interprétation des résultats :

La grande valeur de pluviosité annuelle est enregistrée en 2010 avec une valeur égale 756.8mm, et la plus petite valeur est enregistrée en 2017 avec des précipitations de l'ordre de 267mm. Et un moyenne de l'ordre de 480.6mm/ans, ou la grande valeur de pluviosité est enregistrée le mois du Mai avec une valeur égale à 59.5 mm, et la plus faible valeur est enregistrée le mois du Juillet avec 16 mm

La température moyenne maximale évaluée à 34.78 C° en mois de juillet et la température moyenne minimale évaluée à 2.29 C° en mois de janvier.

L'humidité de l'air dépasse 50% pendant 9 mois avec un maximum de 71% en janvier, par contre elle est inférieure à 50% pendant la saison chaude (juin, juillet, aout) avec un minimum 42% en juillet.

On voit bien la différence des caractéristiques climatiques entre deux périodes l'une entre mai à Aout, et l'autre (Septembre – Avril).

Les paramètres de bilan hydrique :

Le bilan d'eau d'une région consiste à évaluer la répartition entre les différentes composantes du bilan hydrique : l'écoulement, l'infiltration et l'évaporation.

Évapotranspiration réelle (**ETR**), évapotranspiration potentielle (**ETP**), Ruissellement (**R**) et l'infiltration (**I**) dans le sous sol. L'équation du bilan hydrique s'exprime par la relation :

$$P = ETR + R + I + Wa.$$

L'évapotranspiration potentielle (ETP) :

« Le terme "évapotranspiration" désigne la quantité de vapeur d'eau rejetée dans l'atmosphère tant par évaporation directe au niveau du sol lui-même que par transpiration des organes aériens des plantes » (Gaume, 2002).

ETP CALCULE (ETP NON CORRIGEE)

On applique la méthode empirique de C.W Thornthwait :

$$ETP (mm) = 16 (10T/I)^a$$

Cette méthode comporte le calcul des termes suivants :

1- Indice thermique mensuel :

Cet indice est calculé à partir de la température moyenne mensuelle (**T**), considéré

$$i = (T/5)^{1.514}$$

2- La somme des indices mensuels des douze mois de l'année $I = \sum i$.

I : Indice thermique annuel.

Tableau 9: Valeurs des indices thermiques mensuels de Khenchela (1994-2018).

mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou
T(C°)	21,53	16,7	11,23	7,9	6,77	7,45	10,48	13,64	18,26	23,15	26,87	26,12
i	9,07	6,18	3,39	2,00	1,58	1,83	3,06	4,55	7,07	10,12	12,67	12,14

3- Exposant climatique avec : $a = 0.016 (I) + 0.5$

$$\text{Valeurs de } a : a = 0.016 \times 73.64 + 0.5 = 1.68$$

4- Valeurs de l'**ETP** : on appliquant la formule de C.W Thornthwait.

$$ETP_{\text{non Corrigé}} (mm) = 16 (10T/I)^a, ETP_{\text{corrigé}} = ETP_{\text{non Corrigé}} \cdot K$$

Les résultats sont présentés dans le tableau 15 :

K: Facteur de correction qui dépend du mois et de la latitude.

Lat. N.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	.99	1.02
10	1.00	.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	.98	.99
15	.97	.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	.95	.97
20	.95	.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	.93	.94
25	.93	.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
26	.92	.88	1.03	1.06	1.15	1.15	1.17	1.12	1.02	.99	.91	.91
27	.92	.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	.99	.90	.90
28	.91	.88	1.03	1.07	1.16	1.16	1.18	1.13	1.02	.98	.90	.90
29	.91	.87	1.03	1.07	1.17	1.16	1.19	1.13	1.03	.98	.90	.89
30	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
31	.90	.87	1.03	1.08	1.18	1.18	1.20	1.14	1.03	.98	.89	.88
32	.89	.86	1.03	1.08	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	.98	.88	.87
33	.88	.86	1.03	1.09	1.19	1.20	1.22	1.15	1.03	.97	.88	.86
34	.88	.85	1.03	1.09	1.20	1.20	1.22	1.16	1.03	.97	.87	.86
35	.87	.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	.97	.86	.85
36	.87	.85	1.03	1.10	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	.97	.86	.84
37	.86	.84	1.03	1.10	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	.97	.85	.83
38	.85	.84	1.03	1.10	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	.96	.84	.83
39	.85	.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	.96	.84	.82
40	.84	.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	.96	.83	.81

Figure 14 : Facteur de correction qui dépend du mois et de la latitude (voir : <http://hmf.enseiht.fr/travaux/bei/beiere/book/export/html/1583>)

Tableau 10 : Valeurs de l'évapotranspiration potentielle calculé la formule de C.W Thornthwait.

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Total
ETP	96,15	62,75	32,21	17,84	13,77	16,17	28,68	44,66	72,90	108,61	139,50	133,02	766,26
K	1,03	0,97	0,85	0,83	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	----
ETPc (mm)	99,03	60,86	27,38	14,81	11,84	13,58	29,54	49,12	88,94	133,59	174,38	155,64	858,71

L'analyse des moyennes mensuelles en (mm) portées dans le (**Tableau 15**) nous permettent d'observer que les valeurs de l'ETP sont extrêmes le long des mois d'Eté avec un maximum de 174.38 mm au mois de juillet, cette augmentation de l'ETP s'explique par le manque de précipitation dans cette saison.

Les valeurs les plus basses sont observées durant la saison d'Hiver avec un minimum de 11.84 mm au mois de Janvier.

Evapotranspiration réelle (ETR) :

On peut le calculer à l'aide de plusieurs formules telle que : (Turc, Coutagne et Wundt).

ETR par la Formule de Turc :

L. Turc, à l'établissement d'une relation tenant compte des précipitations et de la température, son application sur 254 bassins dans le monde a donné de bons résultats, elle est applicable à toutes les régions :

$$\text{ETR (mm)} = P / (0.9 + P^2/L^2)^{1/2}$$

P : Désigne la pluviométrie moyenne annuelle en mm.

L = 300 + 25T + 0.05T³ ; avec : T : température moyenne annuelle en °C.

Pour la station d'EL HAMMA nous aurons :

$$P = 480.6 \text{ mm.}$$

$$L = 300 + 25(15.84) + 0.05 (15.84)^3 = 894.72$$

$$\text{ETR (mm)} = P / (0.9 + P^2/L^2)^{1/2}$$

$$= 480.6 / [0.9 + (480.6)^2 / (894.72)^2]^{1/2}$$

$$= 440.84 \text{ mm.}$$

Alors que : ETR = 440.84mm, qui représente 91.73 % des précipitations.

Ruissellement :

La lame d'eau ruisselée sera estimée par la formule de Tixeront-Berkaloff :

$$R = P^3 / 3 \times (\text{ETP})^2$$

P = 480.6 mm, ETP = 858,71 mm, donc R = 50,25mm, soit 10.46 % des précipitations.

Remarque :

Les valeurs données par cette formule restent discutables, puisque ce dernier ne tient compte de la nature lithologique des terrains en d'autres termes, l'influence de la perméabilité sur le ruissellement est négligée.

Infiltration :

L'eau qui échappe à l'évaporation et à l'écoulement superficiel pénètre dans le sous-sol et rejoint les nappes souterraines. Seule une partie de ces eaux peut reconstituer les réserves des nappes. Il s'agit ici de l'infiltration efficace, les calculs de l'infiltration visent donc à déterminer le taux de recharge des nappes. En plus de l'approche par application du bilan :

$$P = \text{ETR} + R + I$$

- pour notre cas : $P = ETR + R + I \rightarrow I = P - (ETR + R)$

= $480.6 - (440.84 + 50.25) = \mathbf{00 \text{ mm}}$.

I = 00 mm, soit 0.00 % des précipitations.

Bilan hydrique selon la méthode de Thornthwaite :

Le bilan hydrique est établi pour une période donnée par comparaison entre les apports et les pertes en eau dans ce lieu et pour cette période. Il tient aussi compte de la constitution de réserves et des prélèvements ultérieurs sur ces réserves. Les apports d'eau sont effectués par les précipitations. Les pertes sont essentiellement dues à la combinaison de l'évaporation et la transpiration des plantes, que l'on désigne sous le terme d'évapotranspiration.

Tableau 11: Bilan hydrique de la région de KHENCHELA (1994 – 2018).

	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Total année
T(c°)	21,53	16,7	11,23	7,9	6,77	7,45	10,48	13,64	18,26	23,15	26,87	26,12	----
i	9,12	6,21	3,40	2,00	1,58	1,83	3,07	4,57	7,11	10,18	12,75	12,22	74,04
ETP(mm)	96,15	62,75	32,21	17,84	13,77	16,17	28,68	44,66	72,90	108,61	139,50	133,02	766,26
K	1,03	0,97	0,85	0,83	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	----
P (mm)	54,30	41,30	35,90	37,90	44,40	37,00	39,20	46,40	59,50	38,90	16,00	45,30	496,10
ETPc	99,03	60,86	27,38	14,81	11,84	13,58	29,54	49,12	88,94	133,59	174,38	155,64	858,72
P-ETPc	-44,73	-19,56	8,52	23,09	32,56	23,42	9,66	-2,72	-29,44	-94,69	-158,38	-110,34	----
RFU(mm)	0,00	0,00	8,52	31,61	64,17	80,00	80,00	77,28	47,84	0,00	0,00	0,00	
ETR (mm)	54,30	41,30	27,38	14,81	11,84	13,58	29,54	49,12	88,94	86,74	16,00	45,30	478,85
DA(mm)	44,73	19,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	46,85	158,38	110,34	379,87
EX (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,59	9,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,25

T : Température (C°).

i : Indice thermiques mensuels.

EP : Evapotranspiration potentielle mensuelle non corrigée (mm).

K : Facteur de correction qui dépend du temps du mois et de l'altitude de lieu.

P : Moyenne des précipitations mensuelles (mm).

ETP : Evapotranspiration potentielle (mm).

RFU : Réserve facilement utilisable (mm).

ETR : Evapotranspiration réelle (mm).

DA : Déficit agricole (mm).

EX : Excédent (mm).

Interprétation des résultats du bilan hydrique :

Dans le bilan hydrique (**Tableau : 11**), le paramètre qui paraît le plus important est l'excédent qui nécessite une analyse. L'excédent dans notre région d'étude est nul pour les mois : Avril jusqu'à Janvier et disponible pour les deux mois restes de Février et Mars.

L'excédent constitue la lame d'eau qui excède l'évapotranspiration potentielle et il est représenté par le ruissellement plus l'infiltration, il peut alimenter les nappes souterraines ou les cours d'eau.

Le ruissellement représente 0.03% de précipitation, par contre l'infiltration est nulle pour les Avril jusqu'à Janvier et disponible pour les autres mois restes, tout ça est due à la nature du climat qui est semi-aride avec un indice d'aridité $I = 19.64$ et une précipitation égale à 496,10mm.

L'ETR est de l'ordre de 478,85mm, et le RFU est nul pour les mois : Juillet jusqu'à Octobre et disponible pour les autres mois.

L'évapotranspiration potentielle la grande valeur enregistrée est 139,50 en Juillet, et la plus petite valeur est 13,77 enregistrée en janvier.

L'évapotranspiration réelle est de l'ordre de : 478,85 mm, soit 99 % des précipitations moyennes annuelles.

La hauteur moyenne d'eau ruisselée est de l'ordre de 17,25 mm, soit 0.04% des précipitations annuelles moyennes.

L'infiltration est de 00 mm, soit 0.00 % des précipitations annuelles moyennes. Une grande partie de cette eau s'écoule par gravité verticalement dans le sous sol ou latéralement.

Conclusion :

. Le climat semi-aride est défini comme la zone dans laquelle les précipitations sont, certaines années, insuffisantes pour y maintenir les cultures et l'évaporation excède souvent les précipitations, c'est ce qu'on a trouvé dans notre cas où :

Les données climatologiques utilisées pour caractériser le climat de la zone d'étude sont reprises d'une station pluviométrique : station météo « EL HAMMA dans la période 1994 - 2012 » permet de distinguer deux situations différentes :

- La période d'Avril jusqu'au Octobre $P < ETP$, l'évaporation réelle égale à P ; il y aura prélèvement sur les réserves, absence d'écoulement; la période est déficitaire.
- La période de novembre jusqu'à Mars $P > ETP$, l'évaporation réelle égale à l'ETP, il y aura écoulement et constitution de réserves; la période est excédentaire.

On peut diviser l'année en deux périodes caractérisées par deux saisons :

Une saison relativement humide assez lente de 8 mois; et une saison estivale, sèche et chaude de 4 mois environ la saison la plus grande partie de l'année est une saison « humide », avec de faibles précipitation.



Chapitre III : Analyse statistique

Cette partie aborde donc une caractérisation des événements pluvieux à Khenchela. C'est ainsi que des séries chronologiques à différents pas de temps ont été constituées. Les résultats de cette étude pourront trouver une application directe à l'échelle locale notamment dans les manifestations de phénomènes érosifs, les glissements de terrain, les occurrences des inondations ainsi que dans le cadre des activités relatives à l'agriculture de Khenchela.

Matériels et méthodes :

Données :

L'analyse de la variabilité de la pluviométrie de la station d'El-Hamma a été réalisée à partir des données pluviométriques quotidiennes disponibles du 1er janvier 1994 au 31 décembre 2018.

Analyses des données pluviométriques annuelles et quotidiennes :

L'analyse des précipitations annuelles et quotidiennes a exigé de calculer annuellement neuf indices pluviométriques (Tab. 1) : le total pluviométrique (PTOT), le nombre total de jours humides (avec pluies journalières $\geq 0,1$ mm, JP), la lame d'eau moyenne précipitée par jour humide (Simple day intensity index, SDII), le nombre total de jours caractérisés par des précipitations ≥ 1 mm et ≥ 10 mm (P1 et P10) ainsi que la pluviométrie maximale enregistrée en 1 jour (Px1J). Trois autres indices sont basés sur les 95^{ème}, 99^{ème} et 99,5^{ème} percentiles. Cette méthode d'analyse est communément utilisée pour l'étude des événements extrêmes (MANTON et al. 2001 ; GRIFFITHS et al. 2003, HAYLOCK et al. 2006 ; NEW et al. 2006 ; AGUILAR et al. 2009 ; HOUNTONDJI et al. 2011). Elle est utilisée dans ce cas pour explorer méticuleusement cette série chronologique des précipitations dans la zone Khenchela.

Ces percentiles sont calculés à partir des données journalières sur une période de **vingt cinq** ans, ici 1994-2018. Inférieur un peu aux normes de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) (30 ans). Le 95^e percentile correspond à un événement pluviométrique intense. Le 99^e percentile correspond à un événement pluviométrique extrême alors que le 99,5^e percentile représente un événement pluviométrique très extrême. La fréquence de ces événements pluviométriques intense (P95p), extrême (P99p) et très extrême (P99,5p) est exprimée en jour par an.

L'analyse des tendances linéaires (exprimées en % par décennie) a été réalisée de 1994 à 2018 par régression linéaire entre les différents indices pluviométriques et le temps (en années). Les

pentés ainsi estimées ont été regroupées en quatre classes indiquant des tendances significatives à la hausse ou à la baisse. La limite des quatre classes considérées est définie à partir de la statistique t de Student utilisée pour tester l'hypothèse d'une pente égale à 0. La tendance est dès lors qualifiée comme étant significative si la probabilité p du test t appliquée à la pente de régression est inférieure à 0,05 alors qu'elle n'est pas significative lorsqu'elle dépasse le seuil de 0,05.

Tableau 1 : Liste de neuf indices utilisés dans l'analyse des événements extrêmes

ACRONYME	NOM DE L'INDICE	DEFINITION	UNITE
PTOT	Précipitation annuelle	Précipitation totale annuelle	[mm]
JP	Jour de pluie	Nombre total de jours humides (0.1 mm)	[jours]
SDII	<i>Simple day intensity index</i>	Lame d'eau moyenne précipitée par jour de pluie	[mm/jour]
P1	Fréquence des pluies ≥ 1 mm	Nombre de jours avec des précipitations ≥ 1 mm	[jours]
P10	Fréquence des pluies ≥ 10 mm	Nombre de jours avec des précipitations ≥ 10 mm	[jours]
Px1J	Pluie maximale quotidienne	Précipitation maximale quotidienne	[mm]
P95p	Fréquence des pluies intenses	Nombre de jours avec des précipitations $\geq 95^{\text{e}}$ percentile calculé sur la période 1994-2018	[jours]
P99p	Fréquence des pluies extrêmes	Nombre de jours avec précipitation $\geq 99^{\text{e}}$ percentile calculé sur la période 1994-2018	[jours]
P99,5p	Fréquence des pluies très extrêmes	Nombre de jours avec précipitation $\geq 99,5^{\text{e}}$ percentile calculé sur la période 1994-2018	[jours]

Détermination de la saison des pluies : début, fin et longueur :

OZER *et al.* (2009) révèlent que la date du début des pluies est importante dans la planification des opérations agricoles, particulièrement le semis. Il existe plusieurs définitions relatives à la longueur de la saison des pluies.

Dans le cadre de ce travail, nous appliquons la méthode d'ERPICUM *et al.* (1988) qui a été développée au Sénégal avant d'être appliquée ailleurs en Afrique (OZER & ERPICUM, 1995). Ces auteurs ont montré que, selon des critères climatiques, la saison des pluies commence au moment où la probabilité d'avoir un jour de pluie au cours d'une « pentade » (période de cinq jours) déterminée est supérieure à la probabilité d'avoir un jour sec appartenant à un épisode de plus de sept jours. Selon le même calcul, la fin de la saison des pluies est fixée dès que la probabilité d'avoir un jour sec appartenant à un épisode de sept jours est supérieure à celle d'avoir un jour de pluie au cours d'une « pentade ».

Cette méthode permet d'estimer les dates de début et de fin des saisons des pluies ainsi que l'évolution de la longueur de la saison des pluies. Elle permet également de caractériser l'amplitude de la saison des pluies en calculant l'aire comprise entre les probabilités d'une pentade sèche et d'une pentade humide. Ainsi, au moment où la saison des pluies est la plus régulière, ces écarts sont fortement prononcés. La somme de ces écarts calculée de cinq en cinq jours constitue un bon indicateur de la valeur agrométéorologique de la saison des pluies (OZER *et al.* 2005). Seules les pluies journalières ≥ 1 mm sont considérées pour éviter les biais qui seraient induits par d'éventuelles variations dans la prise en compte des faibles précipitations.

Caractérisation des périodes de retour (Loi de Gumbel)

La loi de GUMBEL (1958) a été appliquée à la série pluviométrique pour caractériser les périodes de retour des précipitations quotidiennes auxquelles on doit s'attendre dans la zone urbaine de Khenchela aux seuils de 6 ans (anormal); 10 ans (très anormal); 30 ans (exceptionnel) et 100 ans (très exceptionnel). On note cependant que des études citées par MOHYMONT et DEMARÉE (2006) ont exprimé un certain scepticisme concernant l'utilisation de la distribution de Gumbel pour les extrêmes de précipitations, montrant que cette distribution peut, dans certains cas, sous-estimer sérieusement les valeurs extrêmes de pluie pour des très longues périodes de retour. C'est la raison pour laquelle les périodes de retour inférieures à la longueur de la série pluviométrique de Khenchela (à savoir 25 ans) ont été privilégiées. Ceci ne constitue pas un frein majeur à notre analyse puisque les événements pluvieux anormaux, très anormaux et exceptionnels peuvent être caractérisés.

RÉSULTATS

La détection de la persistance des périodes sèches ou humides a été opérée en recourant à la méthode de la moyenne glissante de 5 ans. Ainsi, la figure 1 montre le tracé de cette moyenne et celui de la variation annuelle pour la station d'El-Hamma de Khenchela de 1994 à 2018. L'histogramme présente les précipitations annuelles exprimées en écart à la moyenne (indice d'anomalie pluviométrique) et met l'accent sur les variations interannuelles très fortes alors que la courbe lissée sur 5ans constitue un indicateur des grandes fluctuations pluriannuelles. La série des précipitations lissées sur 5 ans se caractérisant par une distribution uni-modale d'allure pseudo-gaussienne, l'anomalie d'une succession de 5 années peut dès lors se définir par référence à une situation jugée normale et son intensité peut se mesurer en termes d'écart à la normale. Le seuil proposé est un écart-type de part et d'autre de la moyenne. Ainsi, les années les plus arrosées sont notamment : 2007 (exceptionnellement humide puisque s'écartant de plus de 2 écart-type), 1995 à 1997, 2003,2004 et 2006 à201. A l'opposé, les années les plus sèches sont 1994, 1998, 2000 à 2002, 2005, 2012, et 2014 à 2017, Cette dernière année est la plus sèche. Il est intéressant de noter que la moyenne lissée sur 5 ans ne s'écarte d'un écart-type qu'à deux reprises, au début des années 2010 et 2011, représentant ainsi la période de 2005 à 2011. Depuis, les précipitations semblent être revenues à la normale.

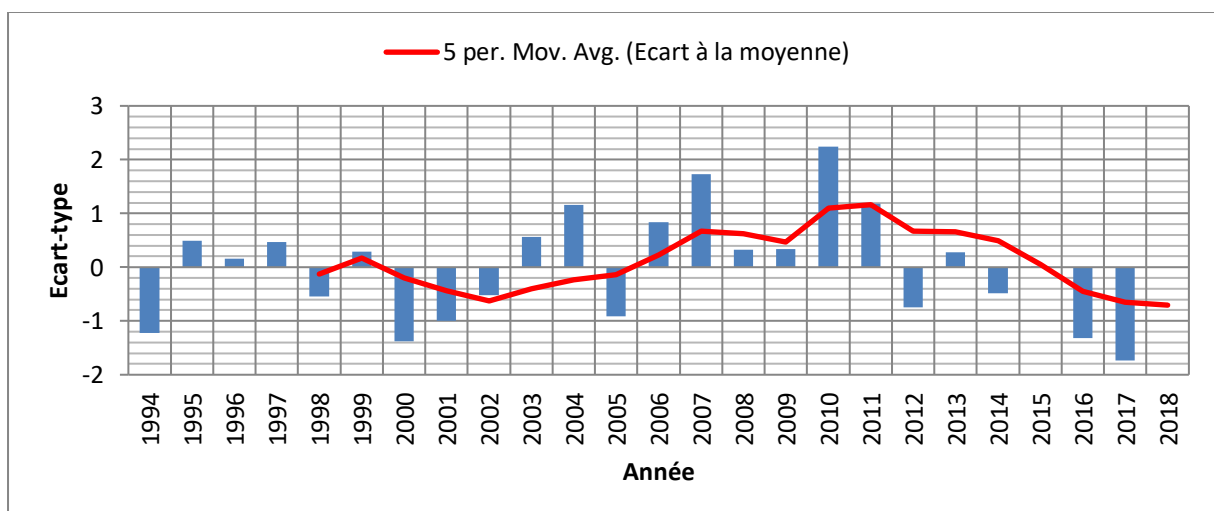


Figure 1: Evolution des écarts à la moyenne des précipitations annuelles de Khenchela (1994-2018).

Les caractéristiques typiques (précipitations annuelles, nombre de jours de pluie, lame d'eau moyenne précipitée par jour humide, nombre total de jours caractérisés par des précipitations ≥ 1 mm et ≥ 10 mm, et limites caractérisant les événements pluviométriques intenses, extrêmes et très extrêmes) de la station météorologique d'El-Hamma de Khenchela sont présentées au tableau 2.

Tableau 2: Caractéristiques des précipitations à la station météorologique d'El-Hamma de Khenchela. Moyennes \pm écart-type calculées sur la période 1994-2018 : précipitation annuelles (PTOT), nombre de jours de pluie (JP), lame d'eau moyenne précipitée par jour humide (SDII), nombre total des jours caractérisés par des précipitations ≥ 1 mm et ≥ 10 mm (P1 et P10), pluie maximale quotidienne (Px1J) et valeurs limites caractérisant les événements pluviométriques quotidiens intense, extrême et très extrême (P95p, P99p et P99,5p) calculées sur la période 1994-2018.

INDICES PLUVIOMETRIQUES	VALEURS BUTEMBO	UNITES
PTOT	480,6 \pm 123,4	[mm]
JP	85 \pm 13	[jours]
SDII	5,7 \pm 1,5	[mm]
P1	63,36 \pm 12,43	[jours]
P10	13,84 \pm 4	[jours]
Px1J	43,68 \pm 12,15	[mm]
P95p	66,3	[mm]
P99p	81,8	[mm]
P99.5p	88,4	[mm]

Le total pluviométrique interannuel moyen enregistré de 1994 à 2018 à la station météorologique de Khenchela s'élève à 480,6 mm. Cette station présente le nombre de jours de pluie équivalent à 85. Quant aux valeurs limites (calculées sur la période 1994-2018) définissant les événements pluviométriques intense, extrême et très extrême, elles sont respectivement de 66,3 mm ; 81,8 mm et 88,4 mm.

Tendances des indices pluviométriques :

Les figures 2 à 9 présentent les tendances des indices pluviométriques à Khenchela.

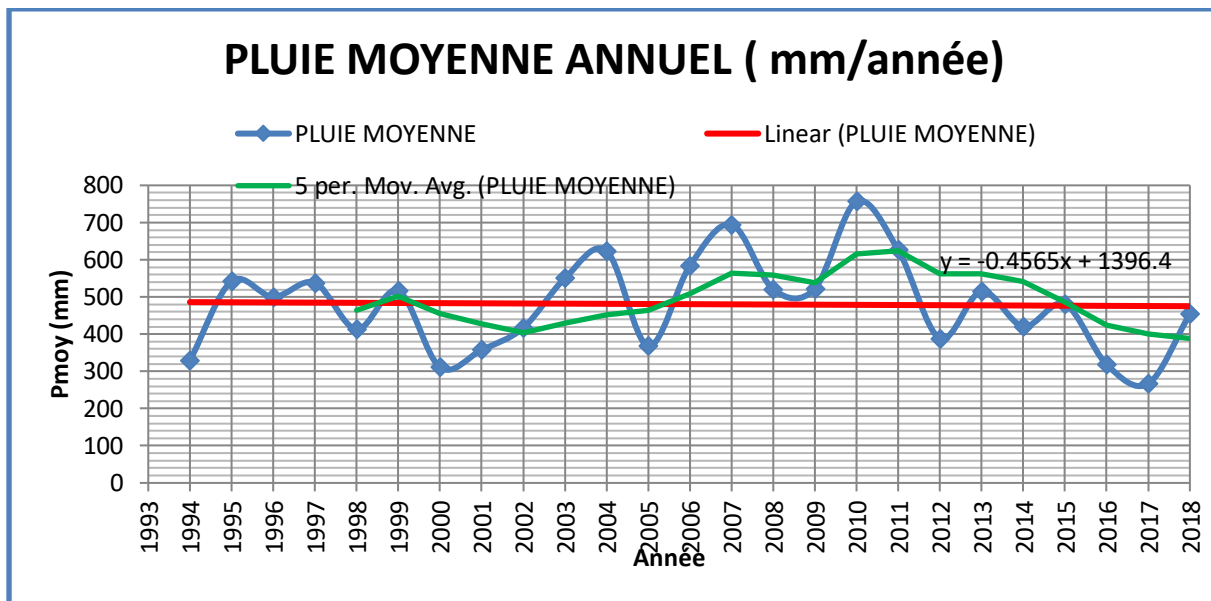


Figure 2 : Tendence de la pluviométrie annuelle de Khenchela (1994-2018).

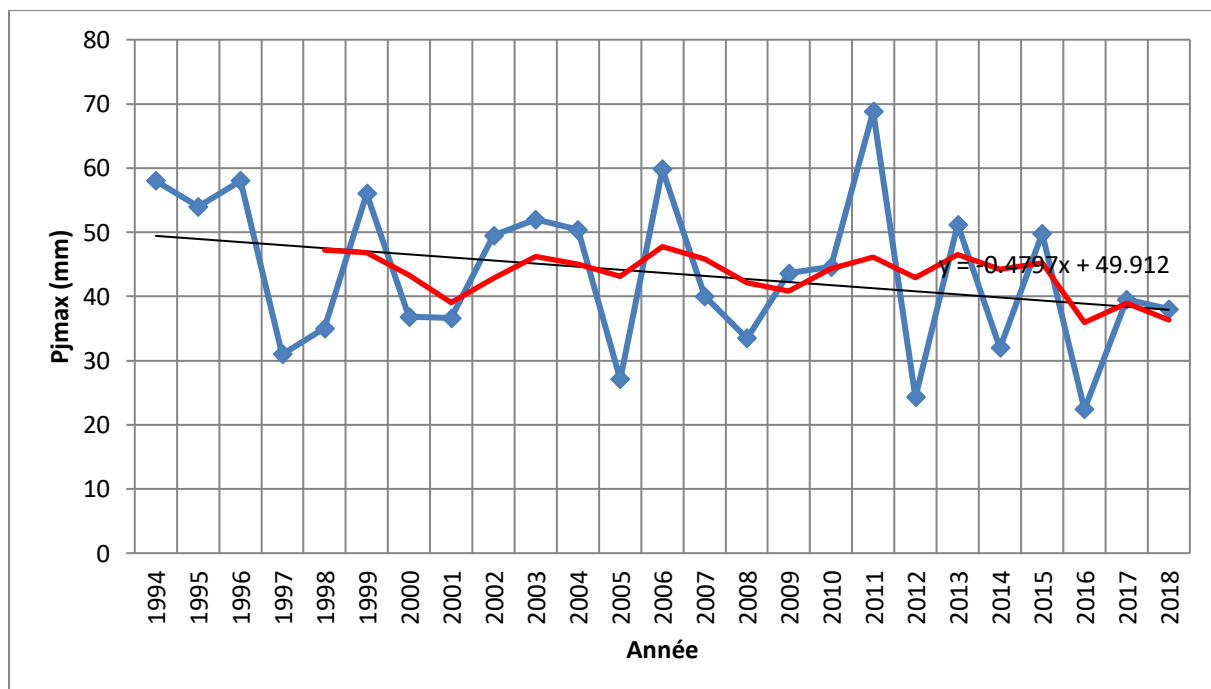


Figure 3 : Tendence des pluies maximales journalières de Khenchela (1994-2018).

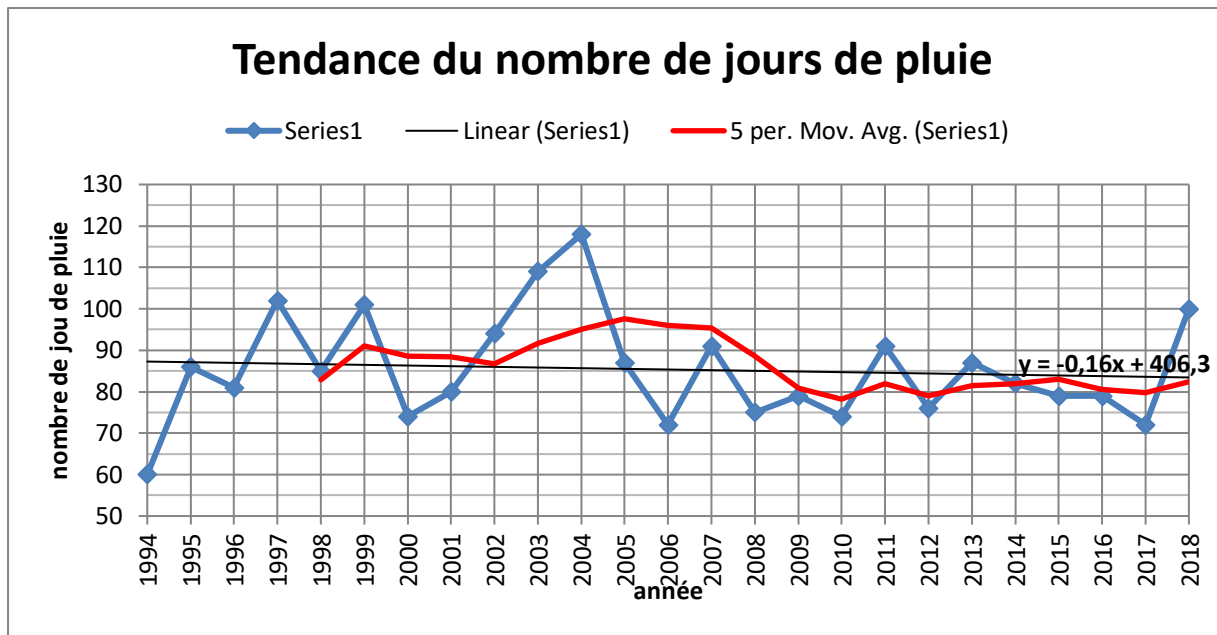


Figure 4 : Tendance du nombre de jours de pluie de Khenchela (1994-2018).

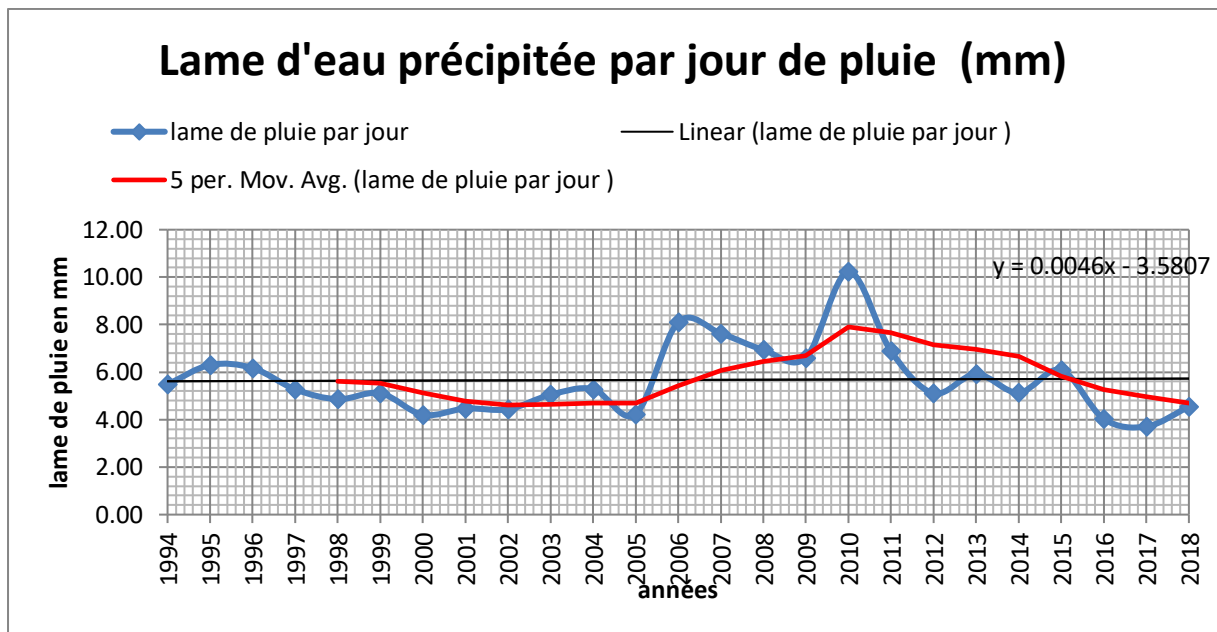


Figure 5 : Tendance de la lame d'eau moyenne précipitée par jour de pluie de Khenchela (1994-2018).

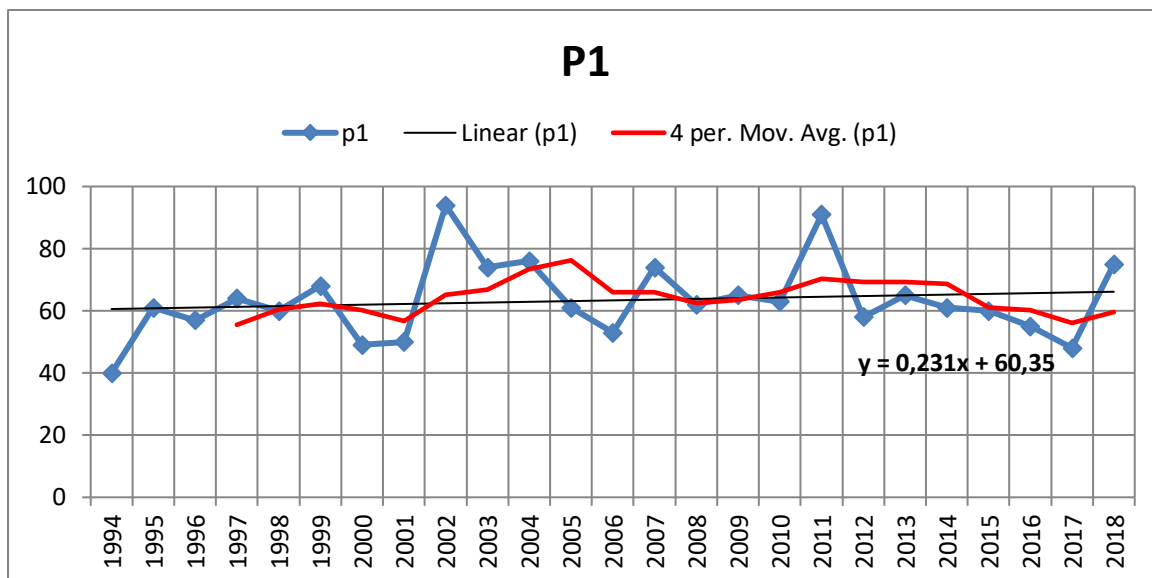


Figure 6 : Tendence du nombre de jours avec des précipitations ≥ 1 mm à Khenchela.

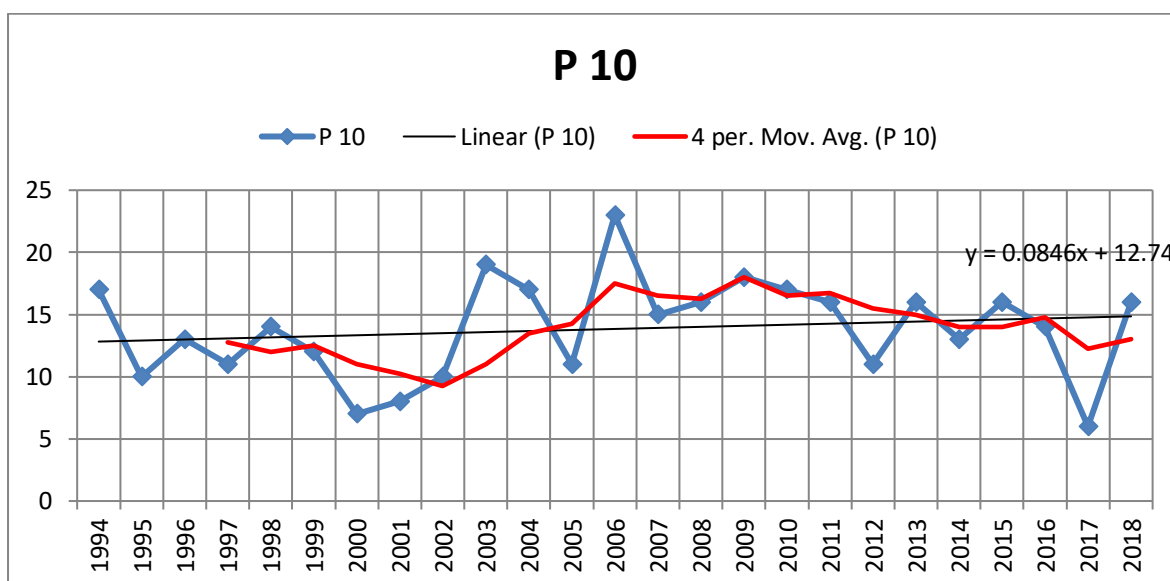


Figure 7 : Tendence du nombre de jours avec des précipitations ≥ 10 mm à Khenchela.

Il ressort de l'analyse des tendances des six indices pluviométriques (tableau 3) que trois sont à la baisse et trois (SDII, P10 et P1) à la hausse.

Tableau 3 : Tendances linéaires calculées pour les six indices pluviométriques à la station :

INDICES PLUVIOMETRIQUES	1994 à 2018
PTOT (mm)	-11,4
JP (jour)	-4
SDII (mm)	0,1
P10 (jour)	2.1
P1 (jour)	5.775
Px1J (mm)	-11,98

Estimation de la récurrence des événements pluvieux à Khenchela :

L'estimation de la récurrence des événements jugés exceptionnels se fait en usant de la loi de Gumbel (méthode des moments). Cette loi de statistique des valeurs extrêmes a été appliquée aux données de pluies maximales journalières de la station d'El-Hamma à Khenchela à l'aide du logiciel HyfransPlus (Logiciel développé par INRS-Eau avec la collaboration de Hydro- Québec Hydraulic Service (Département Hydrology) pour Hydro- Québec/CRSNG statistical hydrology Chair located at INRS-Eau). Les résultats obtenus sont illustrés à la figure 8.

Le test statistique (Chi-squared) d'adéquation des résultats d'ajustement est appliqué dans cette étude, montre que les valeurs des pluies max journalières s'ajustent à la loi choisie, avec les paramètres suivants :

Hypotheses

H0 : The underlying distribution of this sample is Gumbel

H1 : The underlying distribution of this sample is not Gumbel

Results

Statistics result :

$$\chi^2 = 4.96$$

p-value :

$$p = 0.2914$$

Degrees of freedom :

4

Number of classes :

7

Conclusion

We accept H0 at a significance level of 5 %.

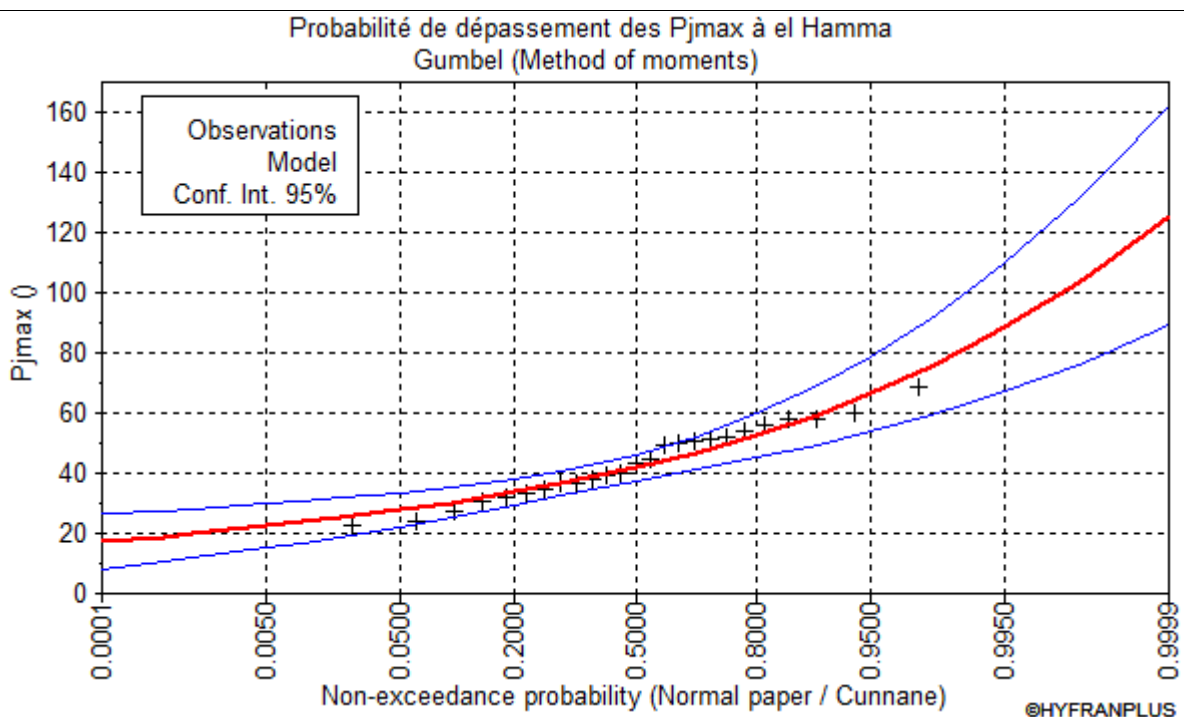


Figure 8 : Probabilité de non dépassement des pluies journalières maximales à Khenchela.

Discussion :

L'étude approfondie des données pluviométriques de la station météorologique d'El-Hamma de Khenchela sur une longue série chronologique s'étalant sur un peu plus d'un quart de siècle (1994-2018), ne révèle pas un changement drastique dans son ensemble. L'intérêt de cette analyse réside dans le fait que les tendances des 6 indices pluviométriques calculés ne sont pas statistiquement significatives. Trois de ces indices présentent une tendance à la hausse (SDII, P1 et P10) alors que les autres (PTOT, PJP et Px1J) sont à la baisse.

Globalement, la région connaissait une baisse significative des précipitations totales annuelles, des pluies maximales journalières et du nombre de jours de pluie. Il est noté qu'une hausse d'environ deux jours des précipitations de 10 mm/j et de cinq pour les P1 sur la période de 25 ans à été remarquées.

En revanche, les anomalies relevées dans le sens de la baisse se sont manifestées surtout les dernières années à partir de 2005 clairement remarquable dans les tendances des moyennes mobiles.

En effet, La ville de Khenchela est confrontée à des inondations de plus en plus fréquentes. Ces inondations sont à la base des désolations à la suite de l'importance des dégâts causés. En faisant un regard rétrospectif sur la pluie diluvienne du 1 septembre 2013 qui a causé trois morts et des pertes économiques importantes, il ressort néanmoins sur base des analyses de fréquence de retour de précipitation que cette pluie de 50,2 mm ne revêt pas même un caractère anormal. Toutes les pluies qui caractérisent ces dernières années ont une période de retour de moins de 4 ans et sont donc statistiquement normales pour la ville de Khenchela. Ce qui interpelle, c'est que ces inondations pourraient s'avérer encore bien plus dévastatrices en cas de précipitations réellement exceptionnelles ($\geq 88,4$ mm).

Conclusion :

Les températures globales augmentées, dans notre région, et les régimes de précipitation seront différents de ce que l'on connaissait dans le passé. Les températures plus élevées permettront une grande quantité d'évaporation. Ce contraste thermique causera une augmentation de l'intensité de certains phénomènes climatiques tels que les inondations subites sans avertissement. Parallèlement, d'autres événements tels que les sécheresses et les feux de forêt vont également gagner de l'ampleur.

Conclusion général

Le changement climatique est un sujet de l'heure, qu'il nous oblige à nous adapter à ces phénomènes soit en tant que des étudiants ; nous pouvons le traiter dans nos recherches pour pouvoir estimer et évaluer l'impact de ces phénomènes sur notre région, et préconiser des solutions pratiques, et les mettre à la disposition des autorités locales, qu'ils peuvent intervenir de maintenir l'impact de réchauffement climatique à un niveau acceptable sur notre région d'une part, et d'autre part, de bien adapter à ces événements climatiques d'une manière à :

Satisfaire les besoins du développement durable.

Préserver le patrimoine forestier et agricole de la région de Khenchela qui est l'économie principale de la wilaya de.

La région de Khenchela se caractérise par un climat semi-aride, dans laquelle les précipitations sont insuffisantes pour y maintenir les cultures, et l'évaporation excède souvent les précipitations. Ce qui a donné fin à l'agriculture pluviale à la région de, qu'il va se changer, d'une manière hiérarchique, à une culture intensive, ce que l'on voit réellement, surtout pour les filières d'agriculture dominante.

Les changements climatiques sont inévitables à notre région, selon les résultats de l'analyse statistique. Soit sous forme des inondations ou des incendies forestiers.

Les inondations entraînent de nombreuses conséquences dont la contamination des sources d'eau en plus de l'érosion, d'un risque plus élevé de glissements de terrain, des pertes économiques et des victimes humaines.

La municipalité peut prendre en considération ces prévisions dans les plans de développements de la région tranquillement avant d'entrer dans une période de réaction d'urgence après les catastrophes climatiques. Les canaux de dérivation - sur des normes spéciales pour traiter ce phénomène - peut être une solution d'adaptation au changement climatique. Également : Les barrages sont des structures efficaces pour retenir les eaux des inondations et les réutiliser à l'agriculture.

En général, il nous faut une étude très approfondie qui touche tous les domaines (géologie, hydraulique, agricole, financière, aménagement de territoire ...etc.) pour confirmer et traiter le changement climatique à la région de Khenchela.

Conclusion général :

Le changement climatique est un sujet de l'heure, qu'il nous oblige à nous adapter à ces phénomènes soit en tant que des étudiants; nous pouvons le traiter dans nos recherches pour pouvoir estimer et évaluer l'impact de ces phénomènes sur notre région, et préconiser des solutions pratiques, et les mettre à la disposition des autorités locales, qu'ils peuvent intervenir de maintenir l'impact de réchauffement climatique à un niveau acceptable sur notre région d'une part, et d'autre part, de bien adapter à ces événements climatiques d'une manière à :

- satisfaire les besoins du développement durable.
- préserver le patrimoine forestier et agricole de la région de Khenchela qui est l'économie principale de la wilaya de Khenchela.

La région de Khenchela se caractérise par un climat semi-aride, dans laquelle les précipitations sont insuffisantes pour y maintenir les cultures, et l'évaporation excède souvent les précipitations. Ce qui a donné fin à l'agriculture pluviale à la région de Khenchela, qu'il va se changer, d'une manière hiérarchique, à une culture intensive, ce que l'on voit réellement, surtout pour les filières d'agriculture dominante.

Les changements climatiques sont inévitables à notre région, selon les résultats de l'analyse statistique. Soit sous forme des inondations ou des incendies forestiers.

Les inondations entraînent de nombreuses conséquences dont la contamination des sources d'eau en plus de l'érosion, d'un risque plus élevé de glissements de terrain, des pertes économiques et des victimes humaines.

La municipalité peut prendre en considération ces prévisions dans les plans de développements de la région tranquillement avant d'entrer dans une période de réaction d'urgence après les catastrophes climatiques.

Les canaux de dérivation - sur des normes spéciales pour traiter ce phénomène - peuvent être une solution d'adaptation au changement climatique.

Également :

Les barrages sont des structures efficaces pour retenir les eaux des inondations et les réutiliser à l'agriculture.

En général, il nous faut une étude très approfondie qui touche tous les domaines (géologie, hydraulique, agricole, financière, aménagement de territoire ...ect) pour confirmer et traiter les changements climatiques à la région de Khenchela.

Bibliographie :

ABDERRAHMANI Belaid. (2015). Les risques climatiques et leurs impacts sur l'environnement. Université des sciences et de la technologie d'Oran Mohamed Boudiaf.

Aguilar, E., et al. (2009), Changes in température and précipitation extrêmes in western central Africa, Guinea Conakry, and Zimbabwe, 1955–2006, J. Geophys. Res., 114, D02115, doi:10.1029/2008JD011010.

AIT BENNOUR Hamida et BENSIDHOUM Zina (2016). Impact de changement climatique sur la production des agrumes dans la wilaya de Bejaia (1983 à 2016). Faculté des sciences économiques, commerciales et des sciences de gestion Bejaia.

AKSOUH Amina. (2017). caractérisation des intensités de pluie dans la région centre-est de l'Algérie en terme d'évolution temporelle et spatiale. école nationale supérieure d'hydraulique (Arbaoui Abdallah).

BEAUDOIN Michelle, 2018. Analyse des solutions possibles aux inondations dans le centre urbain d'Ottawa et de Gatineau par Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement et développement durable en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.).

BOUAFIA Hamed. (2015). Hydrodynamique souterraine et transfert des réservoirs profonds (couplage architecture stratigraphique vulnérabilité et risque de

FARAH Abdelhafid Karim. (2014). Changement climatique ou variabilité climatique dans l'Est algérien. université Constantine 1.

HABIBIC Brahim, MEDDIA Mohamed et BOUCEFIANE Abdelkader. (2015,). Analyse fréquentielle des pluies journalières maximales Cas du Bassin Chott-Chergui.

HOUGHTON, J.P., DING, Y., GRIGGS, D.J., NOGUER, M., VAN DER LINDEN, P.J., DAI, X., MASKELL, K. & JOHNSON, C.A., (2001). Climate change 2001, The scientific Basis. Cambridge University Press, New York.

KHABTHAN, Abdelhamid. (2014). contribution a l'étude des caractères morphologiques, physiologiques et des marqueurs moléculaires pour l'évaluation du polymorphisme phénotypique et génétique des espèces du genre Tamarix dans différents écotopes de la zone steppique de ; Université des Frères Mentouri Constantine.

MAHÉ, G. (2003). Les écoulements fluviaux sur la façade atlantique de l'Afrique. Etude des éléments du bilan hydrique et variabilité interannuelle, analyse de situations hydroclimatiques moyennes et extrêmes. Paris.

Mark New, H. B. (2006). Evidence of trends in daily climate extrêmes over southern and West Africa. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 111, D14102, doi:10.1029/2005JD006289.

MOHYMONT Bernard et DEMARÉE Gaston r. (2006). Courbes intensité–durée–fréquence des précipitations à Yangambi, Congo, au moyen de différents modèles de type Montana Hydrological. Institut Royal Météorologique, Avenue Circulaire 3, B-1180 Bruxelles, Belgique. Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques, 51(2) avril 2006

NAVEAU, P., NOGAJ, M., AMMANN, C., YIOU, P., COOLEY, D. & JOMELLI, V., 2005. Statistical méthodes for the analysis of climate extrêmes. C.R. Geosciences, 337: 1013-1022.

OMM mondiale, O. m. (2018). Déclaration de l'OMM sur l'état du climat mondial en 2017.

OZER, P. et ERPICUM, M., (1995). Méthodologie pour une meilleure représentation spatio-temporelle des fluctuations pluviométriques observées au Niger depuis 1905. Sécheresse, 6: 103-108.

OZER, P., BODART, C. et TYCHON, B., (2005). Analyse climatique de la région de Gouré, Niger oriental: récentes modifications et impacts environnementaux. Cybergeog : Revue Européenne de Géographie. N°.308, 02/05/2005, 24 p. (<http://www.cybergeog.presse.fr>) consulté le 31 janvier 2013.

OZER, P., HOUNTONDI, Y.C. et LAMINO MANZO, O., 2009. Evolution des caractéristiques pluviométriques dans l'est du Niger de 1940 à 2007. GEO-ECO-TROP, 33: 11-30.

SAHANI Muhindo, MOEYERSONS Jan, VANDECASTEELE Ine, TREFOIS Philippe et OZER Pierre (. (2012). Evolution des caractéristiques pluviométriques dans la zone urbaine de Butembo (RDC) de 1957 À 2010.

SOLOMON, S., QIN, D., MANNING, M., CHEN, Z., MARQUIS, M., AVERYT, K.B., TIGNOR, M. et MILLER, H.L., (2007). Climate change 2007. The physical sciences basis. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

SVANTE Arrhenius, « On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Température of the Ground », Philosophical Magazine and Journal of Science, vol. 5, no 41, Avril 1896, p. 237-276.

TAIBI Sabrina. (2011). analyse du régime climatique au nord de l'Algérie. Ecole nationale supérieure d'agronomie El-Harrach Alger.

ZEROUAL Ayoub, ASSANI Ali A. and MEDDI Mohamed. (2016). Combined analysis of temperature and rainfall variability as they relate to climate indices in Northern Algeria over the 1972-2013 period.

ZIDANI Youcef, et SEDOUGA Seif Eddine. (2016) Contribution à l'Inventaire des Orthoptères (Orthoptera, Insecta) dans la région des Aurès (Batna et Khenchela) et l'étude de l'espèce *Ephippiger terrestris* (Yersin, 1854) (Tettigonidae, Ensifera).

Résumé :

Afin de détecter un changement ou une variabilité climatique sur la région de Khenchela, une analyse des variations climatiques – essentiellement les indices des extrêmes pluviométrique - a été effectuée sur la station d'El Hamma sur une période de 25 ans (1994-2018).

Des tendances ont affecté notre région d'étude, une baisse significative des précipitations totales annuelles, des pluies maximales journalières et du nombre de jours de pluie. Et une hausse d'environ deux jours des précipitations supérieurs ou égales 10 mm/j et de cinq jours pour les précipitations supérieurs ou égales 1 mm/j, sur la période de 25 ans à été remarquées.

Des inondations pourraient s'avérer encore bien plus dévastatrices en cas de précipitations réellement exceptionnelles, après celle qu'il a touché la région en 2013.

خلاصة:

من أجل الكشف عن التغيير المناخي أو تقلباته في منطقة خنشلة، تم إجراء تحليل للتغيرات المناخية - بشكل رئيسي مؤشرات هطول الأمطار الشديدة - على مدار 25 عامًا (1994-2018). أثرت التغييرات على منطقة دراستنا، بانخفاض كبير في إجمالي هطول الأمطار السنوي، والحد الأقصى لهطول الأمطار اليومي وعدد الأيام الممطرة. وقد لوحظ وجود زيادة في عدد أيام هطول الأمطار بيومين بالنسبة للأيام التي بها كمية الأمطار حوالي أكبر من أو تساوي 10 ملم / د وخمسة أيام بالنسبة للأيام التي بها كمية الأمطار أكبر من أو تساوي 1 ملم / يوم، على مدار فترة 25 عامًا. قد تكون فيضانات أكثر تدميرًا في حالة هطول الأمطار بشكل استثنائي حقا، وهذا بعد الفيضانات التي ضربت المنطقة في عام 2013.

Summary :

In order to detect climate change or variability in the Khenchela region, an analysis of climatic variations - mainly extreme rainfall indices - was carried out on the El Hamma station over a period of 25 years (1994-2018). Trends have affected our study area, a significant decrease in total annual precipitation, maximum daily rainfall and the number of rainy days. And an increase of about two days of rainfall greater than or equal to 10 mm / d and five days for precipitation greater than or equal to 1 mm / d, over the 25-year period was noticed. Floods could be even more devastating in the event of truly exceptional rainfall, after the flood that hit the region in 2013.