

Aspects qualitatifs et quantitatifs de l'évolution climatique à Ghardaïa (Algérie)

Qualitative and quantitative aspects of climate change in Ghardaia (Algeria)

Date de réception : 28/05/2019; Date d'acceptation : 19/08/2020

Résumé

Le changement climatique est un sujet d'actualité. La littérature traitant de ce sujet confirme sa véracité. En effet, depuis la fin du 20^{ème} siècle le globe terrestre est en face d'une évolution climatique qui se traduit, souvent, par une hausse thermique et une régression des pluies d'où une tendance à la sécheresse. Nous essayons, à travers les données climatiques de la station de Ghardaïa (Algérie), de confirmer ou infirmer cette vérité à travers une approche statistique comparative. Pour atteindre ce but, nous comparons les données thermiques et pluviométriques de la période 1986-2017 à celles de la période 1913-38 aux trois échelles temporelles (mensuelle, saisonnière et annuelle). Dans cet article, nous allons nous focaliser sur trois thèmes d'une grande importance à savoir, l'évolution climatique qualitative à travers la variation pluvio-thermique, l'aspect quantitatif de cette évolution et la synthèse climatique pour déterminer la tendance à la sécheresse et/ou à l'humidité.

Mots clés: hausse thermique, régression pluviométrique, sécheresse, quantification.

ANSAR Allaoua

AZAIIEZ Naima *

Département de
Géographie, Faculté des
Sciences Humaines,
Université roi Khaled,
Arabie Saoudite.

* Corresponding

Abstract

Climate change is a hot topic. All the research covering this subject confirms its veracity. Since the end of the 20th century, the Earth has been facing a climatic evolution that often results in a thermal rise and a regression of the rains, with clear trend to drought. In this research, we try, through the climatic data of the Ghardaïa station (Algeria), to confirm or remove this truth through a comparative statistical approach. To achieve this purpose, we compare the thermal and rainfall data for the period 1986 -2017 with those for the period 1913-38 at the three time scales (monthly, seasonal and annual). In this article, we will focus on three themes of great importance, the qualitative climatic evolution through the rise and fall for both parameters, the quantitative aspect of this evolution. Establish climate synthesis in order to determine the tendency to drought and / or humidity.

Keywords: thermal rise, rainfall regression, drought, quantification.

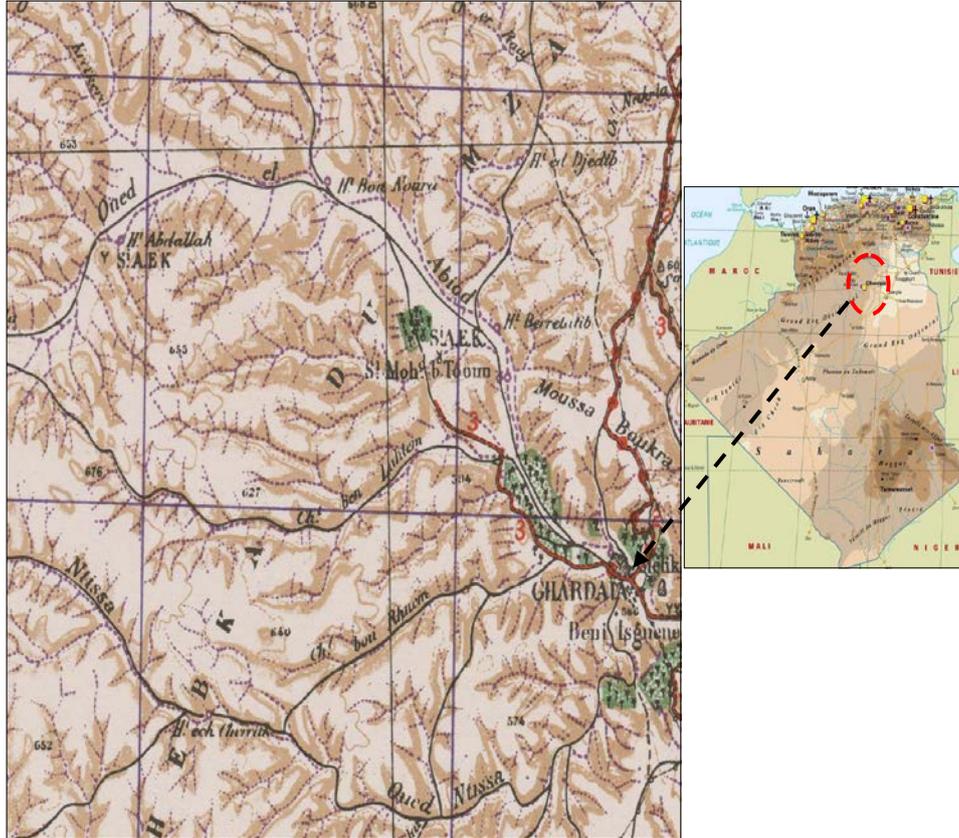
ملخص

يعتبر موضوع تغير المناخ من أحد المواضيع الحديثة الملحة. والمؤلفات التي تناولت هذا الموضوع تؤكد صحته. في الواقع، منذ نهاية القرن العشرين واجهت الأرض تطوراً مناخياً غالباً ما يؤدي إلى ارتفاع حراري وتراجع للأمطار، وبالتالي ميل إلى الجفاف. نحاول، من خلال البيانات المناخية لمحطة غرداية (الجزائر)، تأكيد أو دحض هذه الحقيقة باتباع منهج إحصائي مقارن. ولتحقيق هذا الهدف، قارنا البيانات الحرارية وبيانات هطول الأمطار للفترة 1986-2017 مع تلك الخاصة بالفترة 1913-1938 في الجداول الزمنية الثلاثة (شهرية، موسمية وسنوية). سنركز في هذا المقال على ثلاثة مواضيع ذات أهمية كبيرة وهي التطور المناخي النوعي من خلال اختلاف الحرارة و الساقطات، و تحديد الجانب الكمي لهذا التطور المناخي لتحديد ما إذا كان الاتجاه نحو الجفاف. و / أو نحو الرطوبة.

الكلمات المفتاحية: الارتفاع الحراري، تراجع الأمطار، الجفاف، التقدير الكمي.

I- Introduction : Situation géographique et caractéristiques climatiques :

Ghardaïa, capitale de la vallée de M'zab. Elle se situe au centre de la partie Nord du Sahara algérien à 3°45 Est et à 32°30 Nord. La ville est érigée dans un système oasien étendu en forme d'archipel traduisant les fortes dessiccations du haut plateau engendrées par oued M'zab et ses affluents. Cette situation «entraîne de fortes températures» ⁽¹⁾et « une faible pluviométrie » ⁽²⁾ bien que l'ancien équilibre écologique oasien "Ghaba" a fait de cette région un refuge d'été contre la chaleur estivale ⁽³⁾ (cf. fig. n° 1).

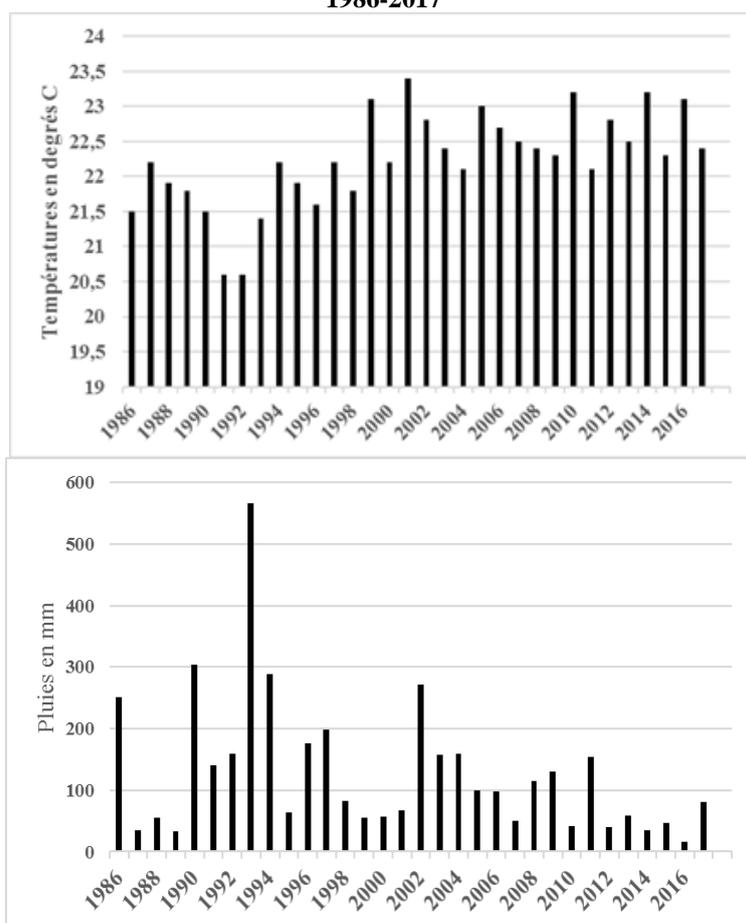


Source : carte topographique de Ghardaïa au 1/50000

Contrairement à ce constat « thermique », les maximas pluviométriques marquent le premier tiers de la période 1986-2017, tandis que les minimas pluviométriques se localisent durant les deux derniers tiers de la période ci-dessus citée. Ce constat constitue t-il un indice révélateur d'une évolution climatique à la station de Ghardaïa dont nous pouvons la démontrer à travers les températures et les pluies ? En effet, les dernières vingt années sont marquées par une hausse thermique avec laquelle se conjugue une baisse pluviométrique notable (cf. fig. n° 2). La première, d'ordre qualitatif, consiste à partir d'une valeur « référence »⁽⁴⁾, à saisir le sens de cette évolution. Celle-ci est la moyenne d'une période antérieure 1913-38 connue communément en Algérie « période SELTZER ». En effet, si la valeur, thermique ou pluviométrique, actuelle (1986-2017) est supérieure à son homologue relative à la période 1913-38, nous parlons d'une Hausse. Si au contraire, elle lui est inférieure, nous sommes devant une baisse.

Aspects qualitatifs et quantitatifs de l'évolution climatique à Ghardaïa (Algérie)

Fig. n° 2 : Moyennes thermiques et totaux pluviométriques de la période 1986-2017



Source : résultats de traitement personnel de données thermiques (1986-2017).

Un cas très rare, voire inexistant, lorsque les deux valeurs sont égales, notamment, pour les totaux pluviométriques, à savoir la stabilité climatique « thermique et pluviométrique ». Les deux sens sont le fruit de la comparaison des données actuelles (1986-2017) aux données anciennes (1913-38). Nous utilisons deux couleurs représentatives qui sont le rouge et le bleu respectivement pour la hausse et la baisse thermique. Ces deux couleurs sont inversées pour la représentation de l'évolution pluviométrique et ceci par respect aux insinuations visuelles relatives à la variable couleur. Pour saisir le sens de cette évolution climatique, nous avons eu recours à deux notions :

La seconde, d'ordre quantitatif, consiste à quantifier le sens de cette évolution. Pour ce faire, nous calculons les écarts à la moyenne annuelle de chaque paramètre. La comparaison des valeurs actuelles aux valeurs antérieures nous met devant trois situations ; un résultat positif est synonyme d'une hausse contrairement à un résultat négatif synonyme d'une baisse. Un résultat nul nous donne une stabilité climatique qui est, soulignons-le, très rare voire inexistant notamment pour la pluviométrie.

Ces deux notions relatives à l'évolution thermique et pluviométrique, qualitative et quantitative, sont menées aux trois échelles temporelles à savoir le mois, la saison et l'année. En premier lieu nous abordons ce thème à l'échelle annuelle suivie de l'échelle saisonnière pour terminer avec l'échelle mensuelle. Ceci répond à un souci méthodologique qui consiste à traiter cette thématique dans son aspect général pour aboutir à ses caractéristiques spécifiques.

I.1. Rythme annuel de l'évolution climatique qualitative:

même format (police, taille, interlignes) ; Entrez le contenu du texte du premier sous-titre dans le même format (police, taille, interlignes) ; Entrez le contenu du texte du premier sous-titre dans le même format (police, taille, interlignes) ; Entrez le contenu du texte du premier sous-titre dans le même format (police, taille, interlignes) ; Entrez le contenu du texte du premier sous-titre dans le même format (police, taille, interlignes)

Il s'agit de saisir, à partir de la comparaison des données annuelles actuelles aux données annuelles anciennes, le sens de l'évolution ; hausse ou baisse sans se soucier de l'aspect quantitatif.

Evolution thermique annuelle :

Pour la station de Ghardaïa, la moyenne thermique annuelle de la période SELTZER est de 21.3° C. Elle est inférieure à celle de la période 1986-2017 qui est de 22.2 °C. Autrement dit, on est devant une hausse thermique. Si l'on compare les moyennes thermiques annuelles de la période d'étude à la moyenne thermique « SELTZER », nous remarquons que seules deux valeurs lui sont inférieures à savoir celles relatives aux années 1991 et 1992⁽⁵⁾. Ainsi la proportion est de 94 % à 6 %, ce qui montre l'ampleur du réchauffement climatique qu'affronte cette station à l'échelle mensuelle. Cette hausse thermique s'organise en deux cycles⁽⁶⁾ ; le premier de quatre années 1986-90 tandis que le second commence en 1993 et s'achève en 2017⁽⁷⁾. Nous devons souligner la gravité que représente la longueur de ces cycles.

Evolution pluviométrique annuelle :

La moyenne pluviométrique annuelle relative à la période 1986-2017 est de 127.3 mm. Elle n'était que de 68.0 mm durant la période 1913-38. C'est-à-dire qu'on est devant une hausse pluviométrique entre les deux périodes. Comparés à la moyenne pluviométrique annuelle de la période 1913-38, les totaux pluviométriques annuels relatifs à la période 1986-2017 sont tantôt inférieurs (synonyme de baisse) tantôt supérieurs (synonyme de hausse) à celle-ci. Le résultat montre que 16 années ont enregistré une baisse pluviométrique et autant pour la hausse pluviométrique. Les deux aspects de l'évolution pluviométrique s'organisent en sept cycles :

- Quatre cycles pluvieux : le premier de deux ans (2008-09) et le second de trois années (1996-98). Les deux cycles restant dont la longueur est de cinq années chacun marquent les périodes 1990-94 et 2002-06.
- Trois cycles non pluvieux : deux de trois années chacun 1987-89 et 1999-2001 tandis que le troisième est de cinq ans 2012-16.

Nous devons souligner l'importance des cycles pluvieux par rapport aux cycles non pluvieux. Importance qui se traduit par le nombre et la longueur des cycles.

I. 2. Rythme saisonnier de l'évolution climatique qualitative :

Evolution thermique saisonnière :

Au plan saisonnier nous enregistrons une hausse thermique pour toutes les saisons. Elle est absolue en automne puisque tous les « automnes » ont vu leurs moyennes augmenter. Elle est quasi-totale en été (84 %), très importante en hiver (78 %) et au printemps (72 %). Cette hausse thermique s'organise en cycles dont la longueur diffère d'une saison à une autre ; nous en avons comptabilisé 11 cycles dont le plus long marque la saison automnale. Il dure 32 saisons. Ces cycles se répartissent de la manière suivante :

- Trois cycles de deux saisons chacun ; deux en hiver 2013-14 et 2016-17 tandis que le troisième marque la saison estivale 1987-88.
- Un cycle de trois saisons et a eu lieu au printemps 1987-89.
- Deux cycles de cinq saisons chacun en hiver 1986-90 et 2007-11.
- Un cycle de huit saisons au printemps 2010-17.
- Deux cycles de onze saisons chacun. Le premier hivernal 1994-2004 tandis que le second est printanier 1998-2008.
- Un cycle de vingt-cinq saisons qui marque la saison estivale 1993-2017.

Aspects qualitatifs et quantitatifs de l'évolution climatique à Ghardaïa (Algérie)

Pour la baisse thermique, nous en avons compté 05 cycles seulement ; 02 en hiver ; le premier a duré deux saisons (2005-06) tandis que le second trois saisons (1991-93). Ceux du printemps marquent la période 1995-97 c'est-à-dire trois saisons et 1990-93 ou quatre saisons. Celui de l'été dure quatre saisons 1989-92.

Evolution pluviométrique saisonnière :

La comparaison des totaux pluviométriques saisonniers de la période 1986-2017 à la moyenne pluviométrique saisonnière de la période « SELTZER », montre que sur 128 saisons que compte la période d'étude 67 saisons (52 %) ont vu leurs pluies diminuer et 61 saisons (48 %) ont enregistré une hausse pluviométrique. Il faut souligner l'aspect qualitatif de cette évolution.

Dans le détail, le nombre de saisons marqué par la hausse pluviométrique est plus important que son opposé en été et en automne avec respectivement 56 % et 44 %. Le constat est inversé pour l'hiver et le printemps. Pour la saison hivernale la baisse est très importante (66 %) et elle est un peu moins au printemps avec 56 %. Les deux volets de l'évolution pluviométrique saisonnière s'organisent en 30 cycles dont 18 relatifs à la baisse et 12 à la hausse.

En hiver le nombre de cycles relatifs à la baisse pluviométrique sont au nombre de six tandis que ceux relatifs à la hausse ne sont que de deux seulement. La différence entre ces deux aspects réside aussi dans la longueur des cycles. Ceux relatifs à la baisse pluviométrique sont plus longs. Nous avons compté deux de deux saisons chacun (1991-92 et 2011-12), deux de trois saisons chacun (2010-12 et 2014-16) et deux de quatre saisons chacun (1986-89 et 1997-2000). Tandis que les deux cycles propres à la hausse sont de deux saisons chacun (1993-94 et 2003-04).

Au printemps, le nombre de cycles est de six pour la baisse pluviométrique et trois pour son opposé. Pour la baisse nous avons noté trois cycles de deux saisons (1998-99, 2005-06 et 2012-13), et trois de trois saisons (1987-89, 2008-10 et 2015-17). Pour la hausse pluviométrique nous avons noté un cycle de deux saisons (1996-97) et deux cycles de trois saisons chacun (1990-92 et 2002-2004).

En été, nous avons compté trois cycles où la pluviométrie a baissé et quatre pour la hausse. Toutefois, la longueur des cycles propres à la hausse pluviométrique est plus importante. Nous avons enregistré un cycle de deux saisons (1986-87), deux de trois saisons chacun (1989-91 et 2009-11) et un autre de six saisons (2002-07). Tandis ceux concernant la baisse pluviométrique ne dépassent pas trois saisons ; un de deux saisons (2016-17) et deux de trois saisons (1999-2001 et 2012-14).

En automne, le nombre de cycles enregistré est de six qui se répartissent équitablement sur les deux aspects de l'évolution pluviométrique. Cependant cette équité est relative en ce qui concerne la longueur de ces cycles. Pour la hausse pluviométrique ; nous avons noté un cycle de deux saisons (2008-09), un deuxième de trois saisons (1993-95) et un troisième de cinq saisons de 1999 à 2005. Les cycles propres à la baisse pluviométrique varient entre deux saisons (2006-07), quatre saisons (1989-92) et cinq saisons (2012-16).

1.3 Evolution thermique saisonnière :

Au plan saisonnier nous enregistrons une hausse thermique pour toutes les saisons. Elle est absolue en automne puisque tous les « automnes » ont vu leurs moyennes augmenter. Elle est quasi-totale en été (84 %), très importante en hiver (78 %) et au printemps (72 %). Cette hausse thermique s'organise en cycles dont la longueur diffère d'une saison à une autre ; nous en avons comptabilisé 11 cycles dont le plus long marque la saison automnale. Il dure 32 saisons. Ces cycles se répartissent de la manière suivante :

- Trois cycles de deux saisons chacun ; deux en hiver 2013-14 et 2016-17 tandis que le troisième marque la saison estivale 1987-88.
- Un cycle de trois saisons et a eu lieu au printemps 1987-89.
- Deux cycles de cinq saisons chacun en hiver 1986-90 et 2007-11.
- Un cycle de huit saisons au printemps 2010-17.

- Deux cycles de onze saisons chacun. Le premier hivernal 1994-2004 tandis que le second est printanier 1998-2008.
- Un cycle de vingt-cinq saisons qui marque la saison estivale 1993-2017.

Pour la baisse thermique, nous en avons compté 05 cycles seulement ; 02 en hiver ; le premier a duré deux saisons (2005-06) tandis que le second trois saisons (1991-93). Ceux du printemps marquent la période 1995-97 c'est-à-dire trois saisons et 1990-93 ou quatre saisons. Celui de l'été dure quatre saisons 1989-92.

Evolution pluviométrique saisonnière :

La comparaison des totaux pluviométriques saisonniers de la période 1986-2017 à la moyenne pluviométrique saisonnière de la période « SELTZER », montre que sur 128 saisons que compte la période d'étude 67 saisons (52 %) ont vu leurs pluies diminuer et 61 saisons (48 %) ont enregistré une hausse pluviométrique. Il faut souligner l'aspect qualitatif de cette évolution.

Dans le détail, le nombre de saisons marqué par la hausse pluviométrique est plus important que son opposé en été et en automne avec respectivement 56 % et 44 %. Le constat est inversé pour l'hiver et le printemps. Pour la saison hivernale la baisse est très importante (66 %) et elle est un peu moins au printemps avec 56 %. Les deux volets de l'évolution pluviométrique saisonnière s'organisent en 30 cycles dont 18 relatifs à la baisse et 12 à la hausse.

En hiver le nombre de cycles relatifs à la baisse pluviométrique sont au nombre de six tandis que ceux relatifs à la hausse ne sont que de deux seulement. La différence entre ces deux aspects réside aussi dans la longueur des cycles. Ceux relatifs à la baisse pluviométrique sont plus longs. Nous avons compté deux de deux saisons chacun (1991-92 et 2011-12), deux de trois saisons chacun (2010-12 et 2014-16) et deux de quatre saisons chacun (1986-89 et 1997-2000). Tandis que les deux cycles propres à la hausse sont de deux saisons chacun (1993-94 et 2003-04).

Au printemps, le nombre de cycles est de six pour la baisse pluviométrique et trois pour son opposé. Pour la baisse nous avons noté trois cycles de deux saisons (1998-99, 2005-06 et 2012-13), et trois de trois saisons (1987-89, 2008-10 et 2015-17). Pour la hausse pluviométrique nous avons noté un cycle de deux saisons (1996-97) et deux cycles de trois saisons chacun (1990-92 et 2002-2004).

En été, nous avons compté trois cycles où la pluviométrie a baissé et quatre pour la hausse. Toutefois, la longueur des cycles propres à la hausse pluviométrique est plus importante. Nous avons enregistré un cycle de deux saisons (1986-87), deux de trois saisons chacun (1989-91 et 2009-11) et un autre de six saisons (2002-07). Tandis ceux concernant la baisse pluviométrique ne dépassent pas trois saisons ; un de deux saisons (2016-17) et deux de trois saisons (1999-2001 et 2012-14).

En automne, le nombre de cycles enregistré est de six qui se répartissent équitablement sur les deux aspects de l'évolution pluviométrique. Cependant cette équité est relative en ce qui concerne la longueur de ces cycles. Pour la hausse pluviométrique ; nous avons noté un cycle de deux saisons (2008-09), un deuxième de trois saisons (1993-95) et un troisième de cinq saisons de 1999 à 2005. Les cycles propres à la baisse pluviométrique varient entre deux saisons (2006-07), quatre saisons (1989-92) et cinq saisons (2012-16).

1.4 Evolution mensuelle :

Evolution thermique mensuelle :

La comparaison de la moyenne thermique mensuelle de chaque mois calculée pour la période 1986-2017 à son homologue de la période SELTZER, montre que tous les mois ont enregistré une hausse thermique. Dans le détail, c'est-à-dire en comparant la moyenne thermique mensuelle de chaque mois de la période 1986-2017 à celle de la période 1913-38, nous constatons que le nombre de mois ayant enregistré une hausse thermique est de loin supérieur à celui où la température a baissé. Nous avons comptabilisé 282 mois marqués par la hausse thermique soit 73.4 % contre 94 mois touchés par la baisse thermique soit 24.4 %. Le reste des mois c'est-à-dire 8 mois ont enregistré une stabilité thermique par rapport à la moyenne.

Aspects qualitatifs et quantitatifs de l'évolution climatique à Ghardaïa (Algérie)

Cependant ces valeurs relatives varient d'un mois à un autre, exception faite de février, avril et septembre où 59 % du total de ces trois mois ont connu une hausse thermique, les autres mois dépassent le seuil de 60 % (66 % en juillet et 69 % en décembre), voire 70 % (72 % en janvier et 75 % en juin et 78 % en mai), 80 % (81 % en mars, 84 % en novembre et 88 % en octobre) et 91 % en aout.

Cette hausse thermique s'organise en cycles. La longueur de ces cycles varie de 2 mois à 14 mois successifs. C'est-à-dire que le même mois a observé une hausse thermique pendant un certain nombre d'années successives. L'influence négative de ces cycles n'est plus à démontrer. Cet effet négatif est d'autant plus accentué que le cycle est long. Nous en avons compté 15 cycles de 2 mois échelonnés sur deux années consécutives, 13 de 3 mois, 11 de 4 mois, 5 de 5 mois et 2 de 6 mois. Le nombre de cycles et leurs longueurs diffèrent d'un mois à l'autre. Nous en avons compté 46 cycles. Ils se répartissent mensuellement comme suit :

Les « janvier » secs s'organisent en cinq cycles dont deux de 2 mois (2007-08 et 2010-11), deux de 3 mois (1986-88 et 1997-99) et un de 4 mois (2013-16).

Au cours de mois de février, la sécheresse s'organise en trois cycles ; deux de 2 mois chacun. Ils se localisent au début (1986-87) et à la fin de la période d'étude (2016-17). Le troisième de trois mois marque les années 2000-02. Ces cycles secs marquent sept mois.

En mars, les cycles qui sont au nombre de 4 commencent à être longs. Nous avons compté quatre cycles ; le premier de 2 mois (1998-99), le second de 4 mois (1998-2001), le troisième de 5 mois (2004-08) tandis que le quatrième est de 6 mois (2012-17) et 2 mois seulement sont isolés en 2001 et 2010.

Avril est marqué par trois cycles secs dont un de deux mois (2002-03) tandis que les deux autres sont de 3 mois chacun (1998-2000 et 2013-15). Ces cycles ne couvrent que 8 mois, le reste des mois sont isolés et ont lieu en 1987, 2005, 2008, 2010 et 2017).

En mai, le nombre de cycles secs atteint son maximum. Ils sont au nombre de six ; deux de mois chacun (1988-89 et 2008-09) et quatre de 3 mois chacun (1995-97, 2001-03, 2011-13 et 2015-17).

Le mois de juin, où on compte trois cycles, se distingue par leur longueur ; le premier de 4 mois (2005-08), le second de 5 mois (1997-2001) tandis que le troisième est de 6 mois (2012-17).

En juillet nous avons compté quatre cycles dont deux de mois chacun (2007-08 et 2016-17). Les deux autres sont longs de 4 mois (2011-14) et 5 mois (1997-2001).

Le mois d'aout s'individualise par le nombre élevé de cycles secs qui ont atteint cinq, dont deux de mois chacun (1987-88 et 2016-17), deux de trois mois chacun (1991-93 et 1995-97) tandis que le cinquième dure 5 mois (2008-12).

Contrairement à tous les mois dont le nombre des cycles est relativement élevé, septembre ne compte que deux cycles seulement de deux mois chacun (1989-90 et 2013-14).

En octobre, quoique le nombre de cycles secs est de trois seulement, ils se distinguent par leur longueur ; deux de 4 mois chacun (1998-92 et 2004-07) et un de 5 mois (2012-16).

Novembre et décembre ont le même nombre de mois secs à savoir quatre. Ceux relatifs au mois de novembre sont l'un de 3 mois (2005-07) et trois de 4 mois chacun (1993-96, 2009-12 et 2014-17). Ceux qui marquent le mois de décembre durent pour le premier 2 mois (1994-95), le second 3 mois (2002-04) et les deux derniers 4 mois et marque la période 2009-12 et 2014-17.

La baisse thermique s'organise en 15 cycles dont le plus long est relatif au mois d'avril et a duré 9 années consécutives. La température de ce mois a enregistré une baisse thermique de 1989 à 1997. Le reste des cycles varie entre 2 et 4 mois. Ils se répartissent comme suit :

- 06 cycles de 02 mois marquent janvier (2005-06), mars (1992-93), juillet (1986-87) et septembre (2009-10). Décembre se distingue par 2 cycles (1990-91 et 1998-99).

- 06 cycles de 03 mois et sont enregistrés en janvier (1991-93) et mai (1990-92). Février et septembre se distinguent par deux cycles chacun ; 1991-93 et 2011-14 pour février et 1995-97 et 2004-06 pour septembre.
- Nous avons compté 2 cycles de 4 mois ; le premier en juin et le second en juillet. Tous les deux concernent la période 1989-92.
- Trois mois (aout, octobre et novembre) s'individualisent par l'absence de cycles ayant connu une baisse thermique.

Evolution pluviométrique mensuelle :

Il ressort de la comparaison des moyennes pluviométriques mensuelles relatives à la période 1986-2017 à celles de la période 1913-38, que 253 mois soit 66 % ont enregistré une baisse pluviométrique dont 115 mois où la pluviométrie est nulle et 131 mois soit 34 % ont connu un sort inverse. Cet aspect relatif à l'évolution qualitative diffère d'un mois à un autre, hormis le mois de septembre où la régression pluviométrique n'a touché que le 1/3 des mois « septembre » que compte la période d'étude, le reste des mois sont marqués par une forte régression pluviométrique. Celle-ci dépasse 50 % des mois en aout et octobre et 60 % pour le reste des mois.

1.5 Rythme annuel de l'évolution climatique quantitative :

Il s'agit de saisir, à partir de la comparaison des données actuelles aux données anciennes, non pas le sens de l'évolution seulement, comme ça a été fait ci-dessus, mais de le quantifier. Un résultat positif est synonyme de hausse contrairement à son homologue négatif indicateur d'une baisse. Ce constat est valable pour les deux paramètres.

Evolution thermique annuelle :

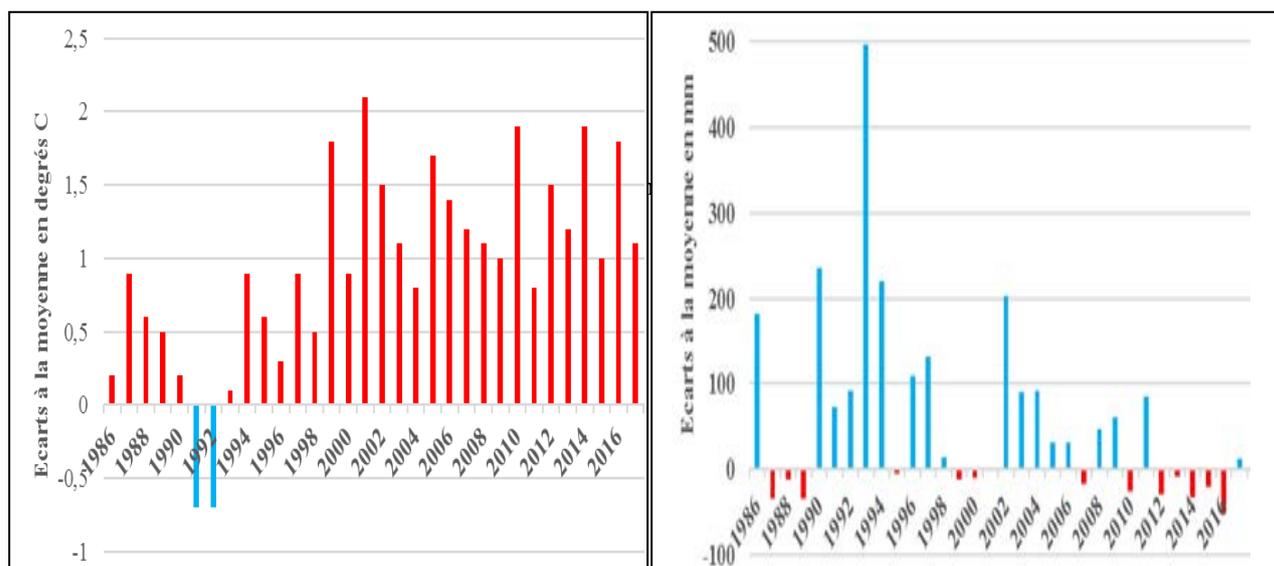
Comparée à la moyenne thermique annuelle de la période SELTZER, celle relative à la période 1986-2017, la température a augmenté de 0,9° C. Cette hausse s'inscrit selon le G. I. E. C dans un scénario de réchauffement faible⁽⁸⁾ Toutefois, cette valeur diffère d'une année à une autre et oscille entre 0,1 °C en 1994 et 2,1° C en 2001. Si l'on se réfère aux seuils déterminés par le G. I. E. C, la station de Ghardaïa est marquée par deux scénarios dont le faible concerne la quasi-totalité des années de la période 1986-2017 et le réchauffement moyen enregistré au cours des années 1999, 2001, 2010, 2014 et 2016.

Evolution pluviométrique annuelle :

La représentation graphique montre l'ampleur de la hausse pluviométrique par rapport à son opposée. En effet, contrairement à l'approche qualitative qui nous donne l'impression que la balance est en faveur de la baisse pluviométrique, l'approche quantitative détermine avec précision les valeurs de la hausse et de la baisse pluviométrique. Les écarts « positifs » à la moyenne sont plus importants que leurs opposés. Ceux qui sont positifs oscillent entre 13.2 mm et 497.2 mm contrairement à ceux qui sont négatifs qui varient entre 0.7 mm et 51.0 mm. Il est clair que, quantitativement, la hausse pluviométrique est de loin plus importante que son opposée. Certaines années s'écartent nettement par rapport à la moyenne ; 1993, 1990, 1994, 2002.... Ces écarts énormes s'expliquent par la nature des pluies d'une part, mais aussi des fortes pluies occasionnelles d'autre part. En effet, les pluies d'ascendance sont devenues plus abondantes suite à la hausse thermique enregistrée. Ce constat est l'un des résultats des changements climatiques (cf. fig. n° 3).

La somme des écarts positifs à la moyenne comparée à celle des écarts négatifs nous donne une différence moyenne positive (excès) de 59.3 mm en faveur de la période 1986-2017.

Fig. n° 3 : Ecartés annuels



Synthèse climatique annuelle :

La sécheresse est le résultat de la hausse thermique conjuguée à la baisse pluviométrique contrairement à l'humidité qui est la résultante de la baisse thermique et de la hausse pluviométrique. La combinaison de l'évolution climatique, thermique et pluviométrique, au niveau de chaque année, nous met devant quatre scénarios :

- 1- Hausse thermique conjuguée à une baisse pluviométrique = sécheresse.
- 2- Hausse thermique conjuguée à une hausse pluviométrique = tendance non définie.
- 3- Baisse thermique conjuguée à une baisse pluviométrique = tendance non définie.
- 4- Baisse thermique conjuguée à une hausse pluviométrique = humidité.

Notre intérêt sera porté à la sécheresse et à l'humidité. Le traitement de l'évolution climatique à l'échelle annuelle nous donne le résultat qui suit :

- Deux années humides 1991 et 1992.
- 14 années sèches qui s'organisent en 4 cycles ; deux de trois années chacun 197-89 et 1999-2001 et un troisième de 5 années 2012-16 en plus de trois années isolées 1995, 2007 et 2010.

Nous constatons que la sécheresse est plus importante que l'humidité tant au plan du nombre d'années qu'au plan de la cyclicité. Elle caractérise, notamment, la fin de la période étudiée.

1.6 Evolution saisonnière quantitative :

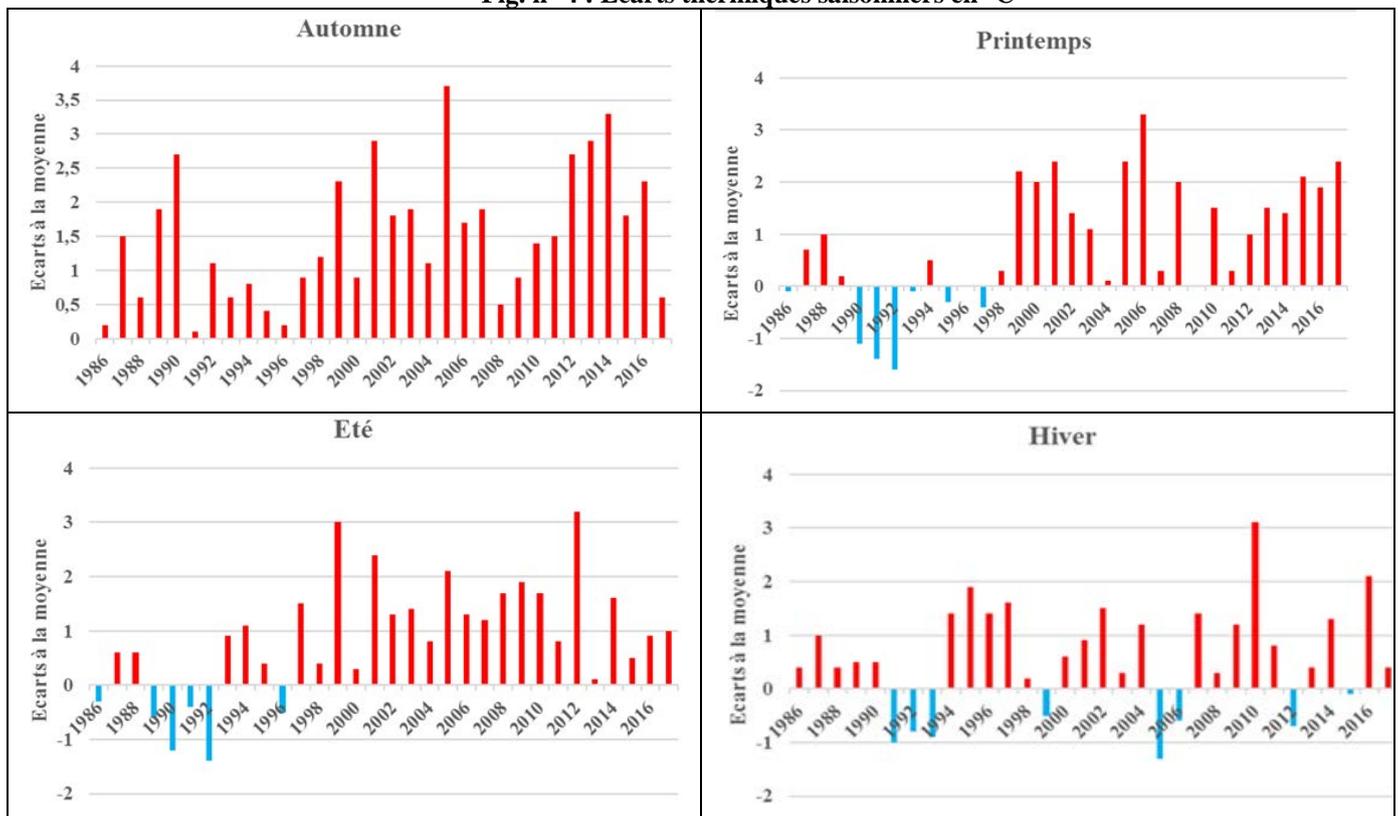
Evolution thermique saisonnière :

Le calcul des écartés à la moyenne à l'échelle saisonnière, montre que ceux-ci oscillent entre 3,7° C et - 1,6° C. Ils diffèrent d'une saison à une autre, l'amplitude de ces écartés est de 4,9 ° C au printemps, 4,6 ° C en été, 4,4° C en hiver et 4,8 ° C en automne. La traduction graphique des écartés à la moyenne pour toutes les saisons tout au long de la période d'étude, révèle l'existence de trois types d'évolution : Le premier, relatif à la saison automnale se distingue par l'absence des écartés négatifs. Ainsi la répartition des écartés positifs permet de distinguer trois cycles d'une dizaine d'années chacun (1986-96, 1997-2007 et 2008-17). Le premier cycle se distingue par des écartés relativement faibles. Ils ne dépassent le seuil de 2,5° C qu'une seule fois (automne 1990). Les valeurs minimales se localisent au cours de ce cycle (0,1° C en 1991 et 0,2°

C en 1986 et 1996). Les écarts propres au second cycle s'organisent en dents de scie. Cependant ils ne sont jamais inférieurs à 0,9° C et dépassent souvent 1,5° C (1,7° C en 2006, 1,8° C en 2002, 1,9° C en 2003 et 2007, 2,3° C en 1999 et 2,9° C en 2001). La valeur maximale ayant marquée ce cycle est de l'ordre de 3,7° C en 2005. Quant au troisième, il se distingue par un début où les valeurs relatives aux écarts à la moyenne sont en ascendance : 0,5° C en 2008 et atteignent 3,3° C en 2014, année à partir de laquelle ils enregistrent une légère baisse vers 1,8° C en 2015, 2,3° C en 2016 et 0,6° C en 2017. Le second, relatif aux saisons printanière et estivale où les écarts à la moyenne s'organisent de manière relativement identique. En effet, après un cycle relativement court (1986-98) marqué par une alternance entre la hausse et la baisse thermique, nous enregistrons un cycle relativement long (1999-2017) où les écarts relatifs à la hausse thermique sont importants ; ils dépassent souvent le seuil de 2,0° C ; 2,2° C en 1999, 2,4° C en 2001, 3,3° C en 2006, 2,1° C en 2015 et 2,4° C en 2017 au printemps et 3,0° C en 1999, 2,4° C en 2001, 2,1° C en 2005 et 3,2° C en 2012 en été.

Le troisième type d'évolution est propre à la saison hivernale qui se particularise par une relative alternance de deux aspects de l'évolution thermique. D'abord, les cycles de hausse thermique sont plus longs et plus importants ; les écarts négatifs ne dépassent 1,0° C que rarement (1,3° C en 2005), tandis que ceux qui sont positifs sont souvent supérieurs à ce seuil. La valeur maximale est enregistrée en 2010 et est égale à 3,1° C. (cf. fig. n° 4).

Fig. n° 4 : Ecart thermique saisonniers en °C



Source : résultats de traitement personnel de données thermiques (1986-2017)

Evolution pluviométrique saisonnière :

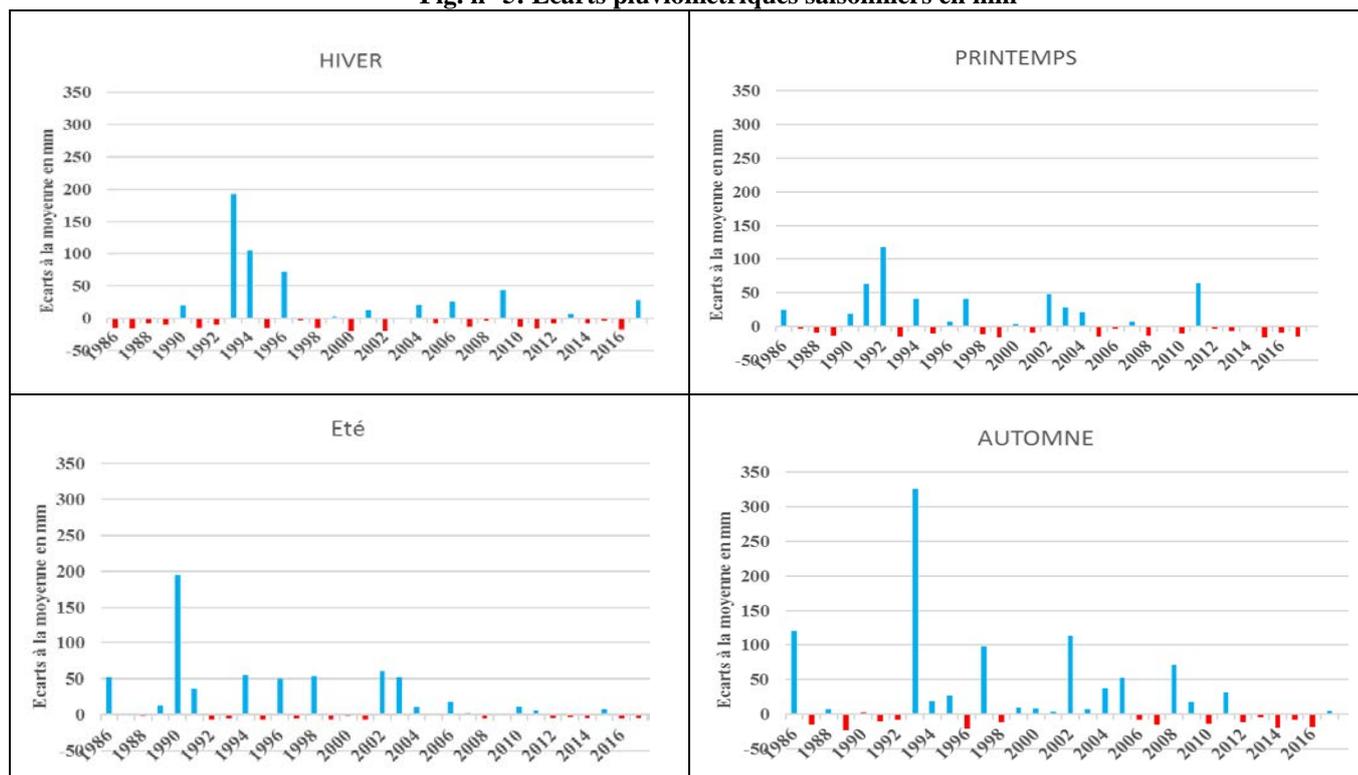
Les écarts à la moyenne au cours de la même période s'écartent positivement de 325.9 mm et négativement de 23.1 mm. Ces deux valeurs sont enregistrées en automne. Comparés aux écarts négatifs, les écarts positifs « hausse pluviométrique » sont plus importants. Nous avons enregistré des valeurs très importantes ; 325.9 mm en

Aspects qualitatifs et quantitatifs de l'évolution climatique à Ghardaïa (Algérie)

automne, 194.9 mm en été, 192.3 mm en hiver et 117.7 mm au printemps. Les valeurs relatives à la baisse pluviométrique sont de loin moins importants ; 23.1 mm en automne, 19.5 mm en hiver, 16.0 mm au printemps et 7.0 mm en été.

Certaines valeurs relatives à la hausse pluviométrique se distinguent nettement ; en hiver, 212.3 mm et 124.6 mm en 1993 et 1994, au printemps 133.7 mm en 1992, en été 1990 (201.9 mm) et 120.9 mm (1986), 325.9 mm (1993) et 113.6 mm en 2002. Ces quantités élevées s'expliquent par la récurrence des pluies d'ascendance engendrées par les changements climatiques (Cf. fig. n° 5).

Fig. n° 5: Ecart pluviométrique saisonniers en mm



Source : résultats de traitement personnel de données thermiques (1986-2017)

Synthèse climatique saisonnière :

De manière identique à la synthèse climatique au niveau annuel, nous avons compté 56 saisons sèches soit 44 %, 15 au printemps, 14 en hiver et autant en automne et 13 en été et 12 saisons humides et 12 saisons humides soit 9 %, dont 5 en été, 4 au printemps, et 3 saisons en hiver et aucune en automne. En hiver, la sécheresse marque 14 années. Celles-ci s'organisent en 4 cycles de durée différente. Trois cycles de deux saisons chacun qui marquent les années 1997-98, 2007-08 et 2010-11 et un cycle de 4 saisons hivernales des années 1986-89 en plus de 4 saisons isolées aux années 1995, 2002, 2014 et 2016. Les saisons hivernales humides qui sont au nombre de trois sont isolées et ont eu lieu en 1993, 1999 et 2006. Au printemps, le nombre de saisons sèches s'élève à 15, tout comme celui des saisons humides qui passe à 4. Les saisons sèches se rangent en 4 cycles dont deux de 2 saisons chacun qui marquent les années 1998-99 et 2005-06, un cycle de trois saisons aux années 1987-89. Le troisième cycle plus long couvre la période 2012-17 en plus de deux saisons isolées aux années 2001 et 2008. Les saisons printanières humides s'organisent en cycle de 3 saisons qui marquent

la période 1990-92 et une saison isolée en 1997. Notons la longueur du dernier cycle sec qui marque les « printemps » de la période 2012-17 soit six années.

En été, nous avons compté 13 « étés » secs et 5 « étés » humides. Ceux qui sont secs s'organisent en trois cycles ; un de deux saisons en 2016-17 et deux de trois saisons chacun 1999-2001 et 2012-14. Cinq « étés » secs isolés ont eu lieu en 1988, 1993, 1995, 1999 et 2008. Nous enregistrons un seul cycle humide qui marque les « étés » des années 1989-92 en plus d'un « été » humide isolé en 1986. En automne, aucune saison automnale humide n'est enregistrée, tandis que les saisons automnales sèches sont au nombre de 14. Elles se rangent en trois cycles ; dont deux de 2 saisons chacun 1991-92 et 2006-07 et un de cinq saisons 2012-16. Ces valeurs comparées au total des saisons montrent que 44.5 % des saisons sont sèches et 9.3 % sont humides. Autrement dit ; la sécheresse marque presque la moitié des saisons contrairement à l'humidité qui n'affecte que le 1/10. La sécheresse marque remarquablement la dernière décennie de la période d'étude. A partir de 2006, aucune saison humide n'est enregistrée. Au cours de la première décennie on a compté 15 saisons sèches et 9 saisons humides. Durant la deuxième décennie le nombre de saisons sèches n'a pas changé contrairement à celui des saisons humides qui a baissé d'une manière très remarquable. Il est passé de neuf à trois seulement. Pendant la dernière décennie aucune saison humide n'est enregistrée, par contre le nombre des saisons humides a augmenté. Il a presque doublé, il est passé de quinze à vingt-six. Au niveau de chaque saison, la sécheresse a gagné du champ au profit de l'humidité au printemps et en été. En effet, le nombre de saisons sèches, à travers trois décennies, est passé de 3 à 5 puis à 7 au printemps et de 3 à 5 puis à 7 en été. En hiver et en automne le nombre de saisons sèches s'est relativement stabilisé (Cf. TAB. N°1).

TAB. N° 1: synthèse climatique

Année	H	P	E	A	Année	H	P	E	A	Année	H	P	E	A	Année	H	P	E	A
1986	S		H		1994					2002	S				2010	S			S
1987	S	S		S	1995	S		S		2003					2011	S			
1988	S	S	S		1996			S		2004					2012		S	S	S
1989	S	S	H	S	1997	S	H	S		2005		S			2013		S	S	S
1990		H	H		1998	S	S		S	2006	H	S		S	2014	S	S	S	S
1991		H	H	S	1999	H	S	S		2007	S			S	2015		S		S
1992		H	H	S	2000			S		2008	S	S	S		2016	S	S	S	S
1993	H		S		2001		S	S		2009					2017		S	S	

Source : résultats de traitement personnel de données thermiques (1986-2017)

Evolution thermique mensuelle :

La moyenne thermique mensuelle actuelle (1986-2017) de tous les mois est supérieure à celle de leurs homologues de la période SELTZER. La différence, toujours positive, synonyme d'une hausse thermique oscille entre 0,3 °C et 2° C. Certains mois tels octobre (2° C), novembre (1,5 °C), mai (1,3 °C) et aout (1° C) enregistrent une hausse thermique égale ou supérieure à 1° C. Le reste des mois ont connu une hausse thermique inférieure à ce seuil ; 0,9 °C en mars, juin et décembre, 0,7 °C en septembre, voire égale ou inférieure à 0,5 °C, comme c'est le cas en janvier et juillet avec 0,5 °C, 0,4° C en février et 0,3 °C en avril.

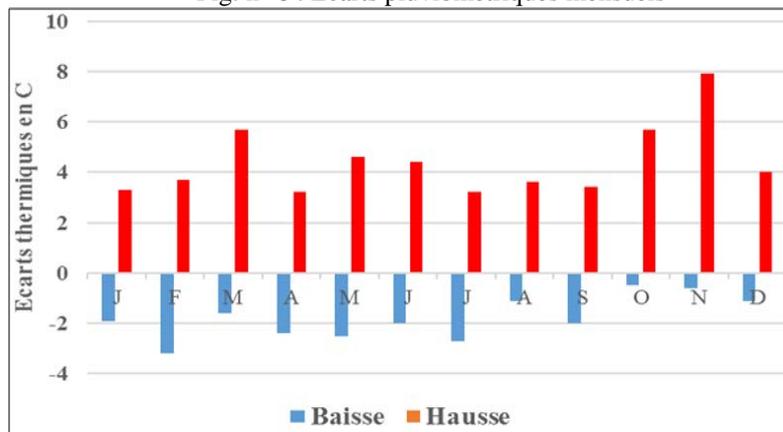
Le calcul des écarts mensuels, tout au long de la période 1986-2017, montrent que les écarts positifs oscillent entre 3,2 °C et 7,9 °C tandis que les écarts négatifs sont entre 0,5 °C et 3,2°C. ces valeurs sont très explicites et révélatrices de l'importance des écarts positifs, synonyme de hausse thermique, par rapport à leurs opposés.

Le maximum des écarts est enregistré en novembre avec 7,9 °C tandis que le minimum est de 3,2 °C et marque le mois d'avril. Toutefois, ils diffèrent d'un mois à un autre. Tous les écarts dépassent le seuil de 3° C (janvier 3,3 °C, février 3,7 °C, avril

Aspects qualitatifs et quantitatifs de l'évolution climatique à Ghardaïa (Algérie)

et juillet 3,2 °C, aout 3,6 °C, septembre 3,4°C et décembre 4° C. Certains sont supérieurs à 4° C (mai et juin enregistrent respectivement t4,6 °C et 4,4 °C). Mars et octobre enregistrent 5,7 °C (Cf. Fig. n° 6).

Fig. n° 6 : Ecart thermique mensuels



Source : résultats de traitement personnel de données thermiques (1986-2017)

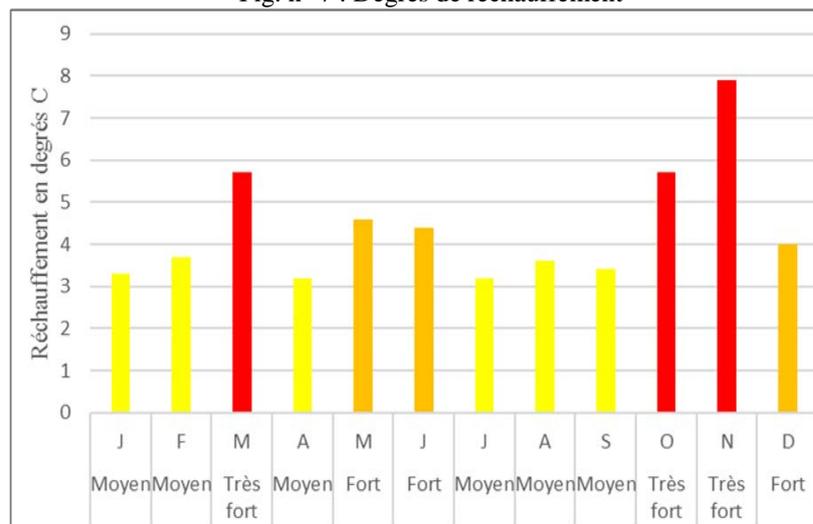
Nous constatons que ces écarts dépassent nettement les seuils relatifs au réchauffement annuel définis par le G. I. E. C. Nous pensons qu'il serait judicieux de proposer des seuils propres à chaque unité temporelle. Nous essayons de proposer des seuils de réchauffement tout en prenant en considération trois facteurs à savoir les seuils de réchauffement définis par le G. I. E. C, l'unité temporelle qui est le mois et les valeurs enregistrées⁽⁹⁾.

Ces seuils se présentent de la manière suivante :

- Inférieur à 2,0° C : faible réchauffement.
- 2,0 °C – 3,9° C : réchauffement moyen.
- 4,0 °C – 4,9 °C : fort réchauffement.
- Supérieure à 4,9° C : très fort réchauffement.

En fonction de ces seuils, aucun mois ne s'inscrit dans le scénario dit faible réchauffement. Janvier, février, avril, juillet, aout et septembre ont eu un réchauffement moyen : Mai ; juin et décembre sont marqué par un fort réchauffement. Mars, octobre et novembre sont touchés par un très fort réchauffement (Cf. Fig. n° 7).

Fig. n° 7 : Degrés de réchauffement

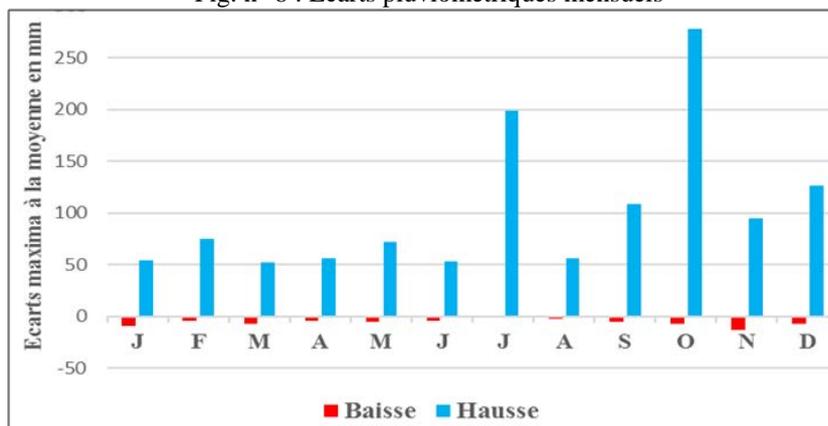


Source : résultats de traitement personnel de données thermiques (1986-2017)

Evolution pluviométrique mensuelle :

La traduction graphique des écarts pluviométriques à la moyenne montre que les écarts positifs sont de loin plus importants que leurs opposés. Ils oscillent entre 52.7 mm et 277.7 mm. Cependant ils diffèrent d'un mois à l'autre. Les plus fortes valeurs sont enregistrées en octobre 277.7 mm, juillet 198.9 mm, décembre 126.1 mm et septembre 108.7 mm. Ces valeurs s'expliquent par la récurrence des pluies d'ascendance qui elles même sont le fruit de la hausse thermique. Les plus faibles ont lieu en 52.7 mm en mars, juin 52.9 mm, janvier 54.2 mm, en avril et aout avec 55.9 mm chacun et 71.9 mm en mai (cf. fig. n° 8).

Fig. n° 8 : Ecart pluviométriques mensuels



Source : résultats de traitement personnel de données thermiques (1986-2017)

Synthèse climatique mensuelle :

Le traitement et la combinaison des sens de l'évolution thermiques et pluviométriques révèlent l'existence d'une forte tendance à la sécheresse. En effet nous avons compté 197 mois secs soit 51 % et seulement 33 mois humides soit 9 %. Autrement dit, la sécheresse affecte la moitié des mois contrairement à l'humidité qui ne marque que le 1/10^{ème}. Certains mois sont fréquemment secs. En effet, hormis septembre où seulement 9 mois des 32 mois (que compte la période 1986-2017) sont secs avec une fréquence égale à 28 %, plus des 2/3 des mois dépassent le seuil de 50 % ; janvier (50.2 %), mars (59.3 %), mai (62.5 %), juin (56.2 %), juillet (53.1 %), aout (56.2 %), octobre (53.1 %), novembre (62.5 %) et décembre (53.1 %). Seuls février et avril enregistrent une fréquence égale à 40.6 %.

Parmi les 197 mois secs, 150 mois soit les ¾ s'organisent en cycles. Nous en avons compté 46 cycles. Le nombre de cycles par mois varie entre 2 et 6 cycles. Le maximum de cycles est enregistré en mai tandis que septembre est marqué par 2 cycles seulement. Le nombre de cycles par mois se répartissent de la manière suivante :

- Mai : 6 cycles.
- Janvier et aout : 5 cycles chacun.
- Mars, juillet, septembre et décembre : 4 cycles chacun.
- Février, juin et octobre : 3 cycles chacun.
- Septembre : 2 cycles.

L'influence négative de ces cycles n'est plus à démontrer. Cet effet négatif est d'autant plus accentué que le cycle est long. Nous en avons compté 15 cycles de 2 mois échelonnés sur deux années consécutives, 13 de 3 mois, 11 de 4 mois, 5 de 5 mois et 2 de 6 mois. Le nombre de cycles et leurs longueurs diffère d'un mois à l'autre. Les « janvier » secs s'organisent en cinq cycles dont deux de 2 mois (2007-08 et 2010-11), deux de 3 mois (1986-88 et 1997-99) et un de 4 mois (2013-16).

Au cours de mois de février, la sécheresse s'organise en trois cycles ; deux de 2 mois chacun. Ils se localisent au début (1986-87) et à la fin de la période d'étude

Aspects qualitatifs et quantitatifs de l'évolution climatique à Ghardaïa (Algérie)

(2016-17). Le troisième de trois mois marque les années 2000-02. Ces cycles secs marquent sept mois. En mars les cycles qui sont au nombre de 4 commencent à être longs. Nous avons compté quatre cycles ; le premier de 2 mois (1998-99), le second de 4 mois (1998-2001), le troisième de 5 mois (2004-08) tandis que le quatrième est de 6 mois (2012-17). Avril est marqué par trois cycles secs dont un de deux mois (2002-03) tandis que les deux autres sont de 3 mois chacun (1998-2000 et 2013-15). En mai le nombre de cycles secs atteint son maximum. Ils sont au nombre de six ; deux de mois chacun (1988-89 et 2008-09) et quatre de 3 mois chacun (1995-97, 2001-03, 2011-13 et 2015-17). Le mois de juin, où on compte trois cycles, se distingue par leur longueur ; le premier de 4 mois (2005-08), le second de 5 mois (1997-2001) tandis que le troisième est de 6 mois (2012-17). En juillet nous avons compté quatre cycles dont deux de mois chacun (2007-08 et 2016-17). Les deux autres sont longs de 4 mois (2011-14) et 5 mois (1997-2001). Le mois d'août s'individualise par le nombre élevé de cycles secs qui ont atteint cinq, dont deux de mois chacun (1987-88 et 2016-17), deux de trois mois chacun (1991-93 et 1995-97) tandis que le cinquième dure 5 mois (2008-12). Contrairement à tous les mois dont le nombre des cycles est relativement élevé, septembre ne compte que deux cycles seulement de deux mois chacun (1989-90 et 2013-14). En octobre, quoique le nombre de cycles secs qui marquent octobre est de trois seulement, ils se distinguent par leur longueur ; deux de 4 mois chacun (1998-92 et 2004-07) et un de 5 mois (2012-16). Novembre et décembre ont le même nombre de mois secs à savoir quatre. Ceux relatifs au mois de novembre sont l'un de 3 mois (2005-07) et trois de 4 mois chacun (1993-96, 2009-12 et 2014-17). Ceux qui marquent décembre durent pour le premier 2 mois (1994-95), le second 3 mois (2002-04) et les deux derniers 4 mois et marque la période 2009-12 et 2014-17 (cf. Tab. n° 2).

Tab. N ° 2 : Typologie de la sécheresse mensuelle.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
86	S		H		S								02		S		S	S							S
87	S	S		S				S	S		S	S	03				S	S	S	S				S	S
88	S	S	S		S		S	S	H				04		S	S						H	S		S
89			S		S	H			S	S	S	S	05		H	S	S	S	S				S	S	
90		S	S	H	H		H		S	S			06	H		S			S			H	S	S	
91			S		H	H		S		S			07	S	S	S	H		S	S			S	S	
92				H	H			S	S	S		S	08	S		S	S	S	S	S	S			H	H
93		H			S	S	S	S	H		S		09				H	S			S	H	S	S	S
94											S	S	10	S	S	S	S				S	S		S	S
95	S	S			S	S	S	S	H	S	S	S	11	S		H		S	H	S	S		H	S	S
96					S		H	S			S		12			S		S	S	S	S		S	S	S
97	S	S		H	S	S	S	S	H				13	S		S	S	S	S	S		S	S		H
98	S		S	S		S	S				S		14	S		S	S		S	S	S	S	S	S	S
99	S		S	S	S	S	S	S	S	S			15	S		S	S	S	S				S	S	S
00		S		S		S	S	H		H	S	S	16	S	S	S		S	S	S	S	S	S	S	S
01	S	S	S		S	S	S	S		S			17	H	S	S	S	S	S	S	S	H		S	S

S= sécheresse. H= humidité

Source : résultats de traitement personnel de données thermiques (1986-2017)

II- Conclusion:

A Ghardaïa, la comparaison des données thermiques et pluviométriques actuelles tout au long de la période 1986-2017, à celles de la période SELTZER, nous permet de saisir l'évolution du climat aux différentes échelles temporelles à savoir le mois, la saison et l'année. La tendance générale, notamment, pour les deux derniers tiers de la période étudiée, se matérialise par une hausse thermique et une baisse pluviométrique. Annuellement, la hausse thermique marque 14 années contre deux années seulement qui se caractérisent par une baisse thermique.

A l'échelle saisonnière, toutes les saisons sont marquées par cette hausse thermique qui est absolue en automne, quasi-totale en été et très importante en hiver et au printemps. Au plan mensuel, sur 384 mois que compte la période 1986-2017, 282 ont connu une hausse thermique soit les 2/3 de la dite période, contre 94 où une baisse thermique a été enregistré. Concernant la pluviométrie, le même procédé a permis de saisir le sens de l'évolution de ce paramètre qui sur le plan annuel a connu une hausse remarquable. De 68 mm, moyenne relative à la période 1913-38, elle passe à 127.3 mm durant la période actuelle d'où un taux d'évolution égal à 87 %.

Un résultat qui nous incite à poser un point d'interrogation sur la véracité des données que nous avons, par ailleurs, vérifiées. L'explication de cette hausse réside dans l'importance des totaux pluviométriques annuels notamment au cours du premier tiers de la période étudiée, contrairement aux deux derniers tiers où la faiblesse de ces totaux est à signaler. Sur le plan saisonnier, la comparaison des totaux pluviométriques saisonniers des deux périodes révèle un équilibre relatif aux deux volets de l'évolution. En effet, 67 saisons ont enregistré une baisse des pluies contre 61 dont les totaux pluviométriques ont augmenté. L'été et l'automne sont plus marqués par la hausse contrairement à l'hiver et le printemps qui sont, plutôt, marqués par la baisse pluviométrique.

Au plan mensuel, le traitement des moyennes pluviométriques mensuelles montre que 253 mois ont enregistré une baisse pluviométrique dont 115 mois où la pluviométrie est nulle tandis que 131 mois ont connu un sort inverse. Janvier, février, mai, juin, juillet, novembre et décembre sont les plus touchés par la hausse thermique. Septembre est le moins marqué par ce phénomène. Le calcul des écarts à la moyenne montre que le réchauffement climatique, à l'échelle annuelle, est plutôt faible à moyen. Au niveau saisonnier, les écarts thermiques sont considérables notamment pour la hausse thermique. Ils oscillent entre 3,7 °C et -1,6° C. La saison automnale n'enregistre aucun écart négatif. Mensuellement, ces écarts sont plus accentués. La conjugaison de l'évolution climatique, températures et pluies, engendre un phénomène dont la gravité n'est plus à démontrer qui n'est autre que la sécheresse. C'est ainsi que nous avons compté 14 années sèches contre seulement 2 années humides, 56 saisons sèches contre 12 saisons humides et 197 mois secs contre seulement 33 humides.

Références :

- [1]. ANSAR. A, 1998, *La pluviométrie en Algérie du nord, évolution et variabilité de 1931 à 1995*, Thèse de Doctorat d'Etat. Université Mentouri. Constantine. Algérie.
- [2]. ANSAR A, (2007), *La hausse thermique : un des aspects des changements climatiques*. Bulletin de la société de géographie d'Egypte. Tome LXXX, vol 80.

Aspects qualitatifs et quantitatifs de l'évolution climatique à Ghardaïa (Algérie)

- [3]. BEN BOUBAKER. H. 2006, *Chaleur et canicules estivales dans les principales villes côtières de Tunisie*. Publications de l'Association Internationale de Climatologie, 19, 107- 112.
- [4]. BEN BOUBAKER. H. 2010, *Les paroxysmes climato-thermiques en Tunisie : approche méthodologique et étude de cas*, Climatologie, vol. 7.
- [5]. BENSALAH . I. et al, 2018, *Urbanisation de la vallée du M'zab et mitage de la palmeraie de Ghardaïa (Algérie) : un patrimoine oasien menacé*, Revue belge de géographie, volume 2, 12 pp.
- [6]. DUBIEF. J, 1959, *Le Climat Du Sahara*. Institut De Météorologie Et De Physique Du Globe De L'Algérie. Alger.
- [7]. FARAH. A, 2014, *Changement climatique ou variabilité climatique dans l'Est algérien*. Département de Biologie et Ecologie. Université Constantine 1. Faculté des sciences de la nature et de la vie. Magister non-publié.
- [8]. Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 2007, *Rapport sur Le Climat De La Terre*, Organisation Mondiale de la Météorologie.
- [9]. SELTZER. P, 1946, *Le climat de l'Algérie*, Institut de Météorologie et de Physique du Globe 1996 de l'Algérie. Alger.
- [10]. TABEAUD. M, 1998, *La Climatologie Générale*. Armand Colin. Paris.

Note :

- [1]. OZENDA, 1991 in Ben SEMAOUNE, Y. 2008.
- [2]. Le HOUEROU, 1990 in Ben SEMAOUNE, Y. 2008.
- [3]. BENSALAH. I et al, 2018
- [4]. Le Groupe Intergouvernemental des Experts du Climat (GIEC), dans son rapport sur le climat du monde relatif à l'année 2007, a utilisé, pour saisir l'évolution du climat, la moyenne de la période étudiée.
- [5]. même constat dans la région d'Assir en Arabie Saoudite.
- [6]. un cycle est une suite de deux unités temporelles successives (année, saison ou mois) ou plus.
- [7]. même constat à la station de Khamis Mouchait dans la région d'Assir en Arabie Saoudite où un cycle de 24 ans a été observé.
- [8]. seuils de réchauffement climatique proposés par le G I E C dans son rapport annuel 2007, sont comme suit :
 - inférieur à 1°8 C : faible réchauffement.
 - entre 1°8 C et 2°8 C : réchauffement moyen.
 - supérieur à 2°8 C : réchauffement fort.
- [9]. plusieurs stations (en Algérie et en Arabie Saoudite) ont fait l'objet d'étude similaire.