RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
CENTRE DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE SUR LES REGIONS ARIDES
(C.R.S.T.R.A)

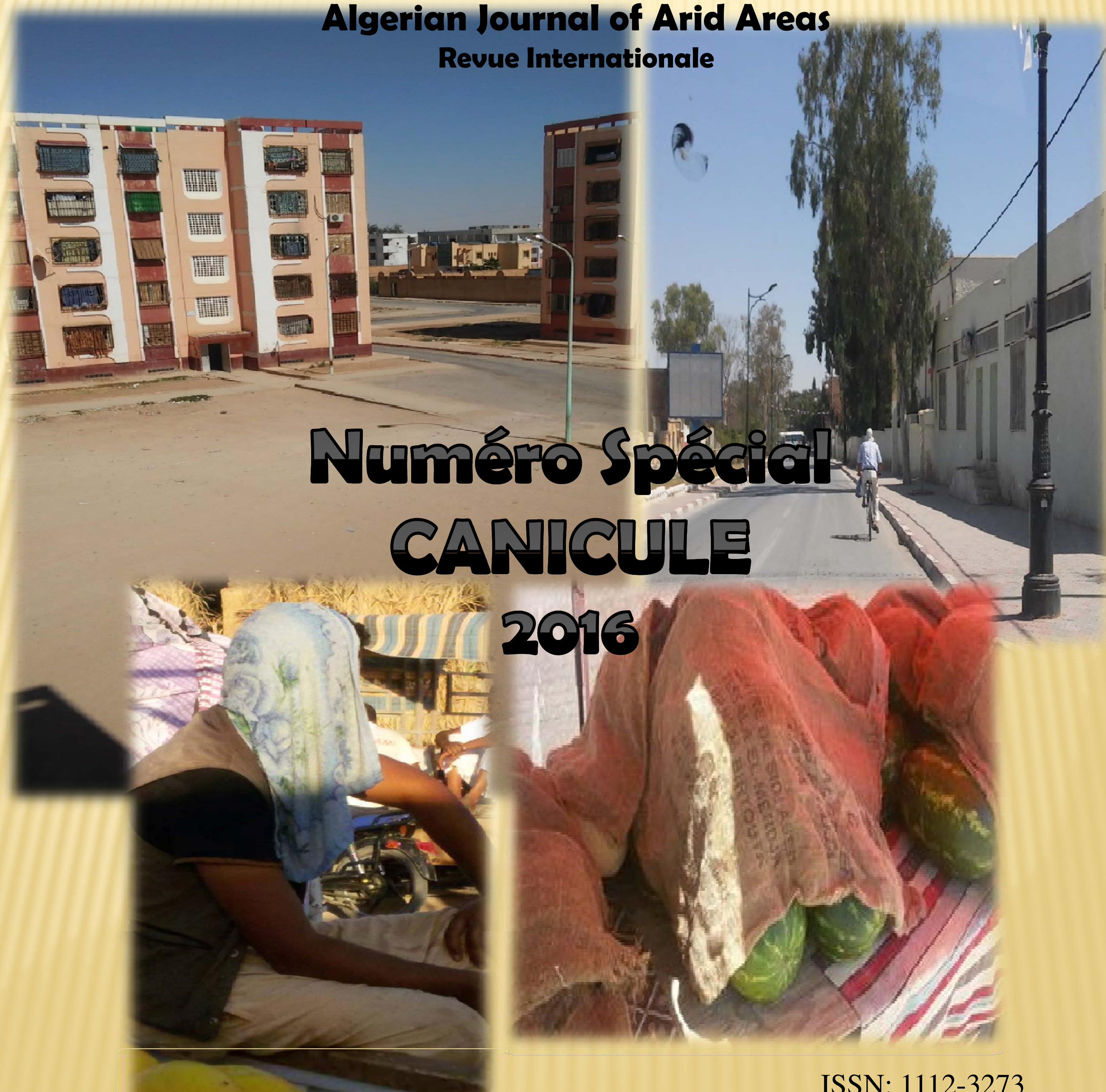
C.R.S.T.R.A

EUR-OPA
Risques majeurs

Journal Algérien des Régions Arides

Algerian Journal of Arid Areas

Revue Internationale



Numéro Spécial CANICULE 2016

ISSN: 1112-3273

Journal Algérien des Régions Arides (JARA)
Numéro special 2016

ISSN 1112-3273
http://www.crstra.dz

Instructions aux auteurs

Généralités

La revue accepte tout article original, présentant de nouvelles études sur tout aspect de recherche fondamentale, appliquée et développement.

L'article peut être de nature scientifique ou technique et ayant trait aux zones arides ou semi-arides. Les articles soumis ne doivent pas avoir fait l'objet d'une publication dans un autre journal.

Il est recommandé de concevoir les articles sous une forme rédactionnelle en limitant les niveaux de classification, pas plus de trois niveaux de titres et intertitres, et en veillant à maintenir un équilibre entre le texte proprement dit et les illustrations (encadrés, tableaux, figures, photos). Quand un auteur reprend une figure, une photographie ou un tableau provenant d'une autre source (autre publication), il doit indiquer l'origine du document après avoir obtenu au préalable le droit de reproduction.

Langue

Les articles peuvent être rédigés en arabe, en anglais ou en français.

Types de manuscrit

À préciser sur la première page lors de la soumission d'un manuscrit.

Article de recherche : contribution inédite découlant d'une étude complète. Ce type d'article fait typiquement une dizaine de pages et environ 3 000 à 4 000 mots.

Communication courte (Note): observation nouvelle ou rapport d'expérience dans un contexte pertinent avec les sujets visés par la revue. Ce type d'article fait typiquement un document de cinq a sept pages et environ 2 000 à 3 000 mots.

Article de synthèse: revue critique et originale de sujets spécifiques d'actualité ou d'un champ de recherche de pointe. Ce type d'article fait typiquement une vingtaine de pages et environ 6 000 à 8 000 mots.

Présentation

Le manuscrit doit être écrit en format électronique en double interligne avec une police 12. Le format préférentiel pour le texte est Word. Il est recommandé d'éviter les formats de type PDF ou PostScript.

La première page de la soumission doit comporter le titre principal avec sa traduction en anglais, les auteurs, les institutions impliquées, le nom et les coordonnées de l'auteur correspondant.

La deuxième page doit comporter un résumé en français de 250 mots maximum, un abstract en anglais (traduction exacte), et un maximum de 6 mots clés en français et en anglais (traduction exacte).

Le plan de l'article se déroulera classiquement comme suit: Introduction, Matériel et Méthodes, Résultats et Discussion, Conclusions. Les références bibliographiques apparaissent après la conclusion.

Unités, abréviations et symboles

Utilisez le système métrique (unités internationales) aussi souvent que possible. Notez par exemple ces abréviations : gramme, g ; kilogramme, kg ; litre, L ; milligramme, mg ; microgramme, µg ; millilitre, mL ; centimètre, cm ; unité internationale, U.I. ; milliéquivalent, mEq ; secondes, s ; minutes, min ; heures, h.

Toutes les abréviations, usuelles ou non, des termes médicaux et scientifiques doivent être explicitées lors de leur première apparition dans le texte.

Nomenclature

Les noms latins de genres et d'espèces, les locutions latines seront en italique ou soulignés.

Illustrations

Les figures et tableaux de l'article sont incorporés et joints sur pages séparées placées après les références bibliographiques. Chaque illustration doit avoir une légende courte explicative.

Références bibliographiques

Dans le texte courant, les références aux auteurs d'articles sont en minuscules, sans virgule avant l'année, ex.: Chevalier (2001), Chevalier (2001, 2002), (Chevalier 2000; Ruzin 2002), (Chevalier & Ruzin 2003), (Chevalier et al. 2005), Chevalier (2001: 1; 2003: 4), Chevalier (2001: fig. 2).

Dans la bibliographie, les noms de revues ne doivent pas être abrégés. Les références sont présentées par ordre alphabétique comme ci-dessous:

Pour les articles de revues:

Charrouf Z, Pumareda L, Henry F, (2006) Valorisation des feuilles d'arganier: impact environnemental. *Bois et Forêts des Tropique* 287:35-44

Pour les livres:

Ruzin SE (1999) Plant microtechnique and microscopy. Oxford University Press, New York.

Soumission du manuscrit

Pour toute soumission, les auteurs doivent adresser la version numérique de leurs articles au secrétariat de la revue :

Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides (CRSTRA), Campus Universitaire, BP 1682, RP 07 000 Biskra (Algérie).

jara@crstra.dz

Evaluation du manuscrit

Les articles sont soumis de façon anonyme à deux rapporteurs aux compétences thématiques. Ces derniers étudient le manuscrit (forme et fond) et remettent aux responsables de la revue un rapport d'évaluation. Ce rapport est à son tour transmis à l'auteur de façon anonyme pour procéder aux corrections. Le texte corrigé est soumis une seconde fois aux rapporteurs. L'auteur est alors invité à procéder aux dernières corrections. Si les corrections ne sont pas apportées, le comité de lecture se donne le droit de ne pas publier le texte concerné.

<table>
<tr><th colspan="3">JOURNAL ALGERIEN DES REGIONS ARIDES
Revue Scientifique internationale</th></tr>
<tr><td rowspan="7">Bulletin D'abonnement
Ce bulletin doit être retourné au CRSTRA

Adresse
Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides, Campus universitaire, BP n°1682, R.P. 07000 Biskra, Algérie
Tel. : + 213 (0) 33 73 42 14
Fax : +213 (0) 33 74 18 15
E mail : crstra@crstra.dz
www.crstra.dz</td><td colspan="2">Institution:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Nom:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Prénom:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Adresse:</td></tr>
<tr><td>Ville:</td><td>Code Postal:</td></tr>
<tr><td>Tél.:</td><td>Fax:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Je m'abonne à : .... exemplaires de la revue
Je joins mon règlement à l'ordre du CRSTRA par
Chèque bancaire : ....
Virement bancaire : ....
Compte Bancaire Dinars n° : 5662063-S BEA Biskra
Virement Bancaire Devise BEA Biskra
N° : 002.00056 56 056 62 063 48 Code swift: BEXAD2 AL 056</td></tr>
<tr><td colspan="3">Algérie = 500 DA, Étranger = 15 €</td></tr>
</table>

Préface

Vagues de chaleur et leurs impacts

Climat, changement climatique et leurs impacts sur la société sont incontestablement des sujets d'actualité qui intéressent aussi bien le simple citoyen que le scientifique ou le décideur. Le citoyenalgérien remarque que le temps qu'il observe n'est plus comme avant, il fait plus chaud et plus sec. Le scientifique essaye de comprendre ce qui se passe; il prend en considération les informations et données disponibles, les traitent, les analysent et fait parfois des projections dans le temps, le décideur tiendra compte de ces résultats pour prendre des mesures afin de réduire le risque potentiel face à de tels évènements. il est particulièrement difficile de quantifier la part de l'homme dans le réchauffement climatique, suite à ces rejets de gaz à effet de serre croissants car les variations qu'il peut induire se superposent à la variabilité naturelle du climat ; toutefois ce réchauffement observé sur les 30 dernières a été trop rapide et induit déjà des perturbations dans la vie de l'homme habitué à un climat plus stable

Dans les différents rapports du GIEC les impacts du réchauffement climatiques intéressent particulièrement les inondations et les sècheresses qui causent à travers le monde des dégâts très importants aussi bien en matériel qu'en vie humaine.Plus récemment le GIEC met l'accent sur les conséquences directes du réchauffement climatique par l'augmentation de journées chaudes ou caniculaires. Plusieurs pays de la rive nord de la méditerranée ont ressenti les conséquences des vagues de chaleur avec des pics de mortalité élevés qui passaient inaperçus auparavant. Les pays de la rive sud, comme l'Algérie ne seront certainement pas à l'abri car les projections climatiques montrent qu'elles seront plus fréquentes et plus intenses. Ce numéro spécial de la revue Journal des régions arides (JARA) aborde cette problématique. Sa parution est le fruit d'un atelier international, organisé par la division risque climatique du CRSTRA en novembre 2015, qui a regroupé des scientifiques venus d'horizons divers et leurs interventions est la base de cette publication. Cette manifestation pluridisciplinaire a réuni une cinquantaine de personnes et a permis également de donner la parole aux hommes de terrain comme ceux de la santé, de l'agriculture et de la protection civile.

Elle s'inscrit dans le cadre du projet « Risques Canicules et les stratégies d'adaptation » conduit par le CRSTRA « Division Etudes des écosystèmes et gestion des risques climatiques» dans le cadre de l'accord Euro-méditerranéen sur les Risques Majeurs.

Il ressort que c'est sur la santé que les conséquences sont le plus à redouter.L'augmentation sensible des journées chaudes et vague de chaleur observée durant ces dernières décennies, à travers l'analyse des données des stations météorologiques du nord et du sud de notre pays sera plus accentuée dans le futur suite à une température urbaine plus élevée due à l'accroissement démographique et l'habitat souvent non adapté. Les sècheresses et les vagues de chaleur auront certainement des répercutions sur les ressources naturelles sol végétation suite à une demande en eau plus importante, elles seront la cause principale d'une augmentation sensible du nombre de feux de forêt.

A court terme c'est l'alerte précoce qui permettra de déclencher les réactions des pouvoirs publics et autorités sanitaires pour la mise en place de structures adaptées, mais à moyen terme il est nécessaire de repenser au modelé urbain qui tient compte des spécificités climatiques de chaque région.

MATARI Amar
Expert/CRSTRA

Sommaire

Climat et changement climatique

A. Matari

Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides CRSTRA, Biskra, Algérie

Résumé

Le climat a toujours présenté une variabilité interannuelle et intrannuelle avec des périodes chaudes ou froides et des années sèches ou humides ; mais il était considéré comme stationnaire sans organisation interne propre. Aujourd'hui l'homme remarque, grâce à de longues séries de données couvrant le globe, que le climat se dérègle, change, se réchauffe avec des extrêmes plus fréquents. Il remarque que certains facteurs, comme les facteurs astronomiques n'arrivent plus à expliquer entièrement ces changements qui sont probablement en relation avec ses émissions dans l'atmosphère. Ces gaz dits gaz à effet de serre, le CO2 étant le plus important, ne cessent de croitre depuis le début de l'industrialisation. Le climat du futur va dépendre de l'évolution de la concentration de ces gaz dans le temps, il est aujourd'hui possible de faire des projections grâce à la modélisation du climat.

Mots clés : Climat, changement climatique, température, modélisation.

Climate and climate change

Abstract

The climate has always exhibited interannual variability and intrannual with hot or cold periods and dry or wet years; but it was considered stationary without proper internal organization. Today humans observe, thanks to a long series of data spanning the globe, that the climate is disrupted, changes, and heats up with more frequent extremes. They notice that certain factors, such as astronomical factors, and are no longer able to fully explain these changes, which are probably related to emissions into the atmosphere. These so-called greenhouse gases, the CO2 being the most important, have been growing since the beginning of industrialization. The climate of the fury will depend on the evolution of the concentration of these gases over time; it is now possible to make projections thanks to the modeling of the climate.

Key words: Climate, climate change, temperature, modeling.

Auteur correspondant

A. Matari
CRSTRA-Biskra

I) Introduction

Ils existent plusieurs définitions du climat, certaines tiennent compte de l'action directe ou indirecte du milieu atmosphérique sur les êtres vivants, mais on peut dire que le climat est la distribution statistique des conditions de l'atmosphère terrestre dans une région donnée sur une période donnée. La connaissance du climat est faite à partir de paramètres statistiques simples ou évolués calculés sur des mesures ponctuelles des éléments climatiques comme la température, la pluviométrie. Ce sont les facteurs climatiques, comme par exemple les facteurs astronomiques, géographiques qui entrainent la valeur des éléments qui constituent le climat. Pour expliquer les climats, prévoir son comportement il est nécessaire de savoir et de comprendre comment les différents facteurs interagissent pour aboutir à la valeur de l'élément du climat. Aujourd'hui on privilégie la notion de système climatique formé par l'atmosphère, l'hydrosphère, la biosphère, la cryosphére. Ces composantes interagissent entre elles à différentes échelles de temps et d'espace, Le système climatique subit constamment des modifications grâce à des processus internes, mais il existe également des processus externes qui exercent un forçage sur le climat.

Dans le monde, on remarque une augmentation rapide des dégâts et des décès occasionnés par les catastrophes naturelles durant les 30 dernières années, 3 millions ont perdu la vie dont 90% dans les pays en voie de développement selon l'OMM. Le Maghreb n'a pas échappé à ces aléas climatiques puisqu'on a observé de longues périodes de sécheresse et des inondations meurtrières aussi bien dans plusieurs villes du nord que dans le Sahara et plus récemment les vagues de chaleur sont devenues le nouveau fléau de la communauté

II) VARIABILITE ET VARIATION DU CLIMAT

1) Variabilité

Les éléments climatiques, principalement la température présente un cycle diurne et saisonnier assez régulier du aux facteurs astronomiques. La quantité d'énergie reçue au sol dépend de la hauteur du soleil ; cette hauteur est fonction de la latitude du lieu, du moment de la journée et, de la déclinaison qui est en rapport avec la position de la terre sur le plan de l'écliptique.

Toutefois deux stations situées à la même latitude présentent souvent des climats totalement différents ; les facteurs astronomiques n'expliquent donc pas à eux seuls les différents climats. D'autres facteurs assez stables telle que la répartition des continents et des océans, le relief induisent un climat propre ; on peut citer également la nature du sol et la composition de l'atmosphère qui peut évoluer assez rapidement selon les actions humaines.

2) variations climatiques

Les causes des variations climatiques passent nécessairement par une modification du rayonnement incident à majorité solaire de courte longueur d'onde ou bien celui du rayonnement terrestre de grande longueur d'onde. La modification du rayonnement terrestre, donc de la température de la terre peut être due à des processus naturels comme les éruptions volcaniques de grande ampleur, le changement de l'albédo du sol et de la composition de l'atmosphère (gaz à effet de serre)

21) activité solaire

La quantité d'énergie fournie par le soleil dépend de sa température. Aux confins de l'atmosphère il arrive une quantité qui a été souvent considérée conne constante, c'est la constante solaire. Le soleil présente une activité solaire variable due aux nombre de taches solaires avec un cycle de 11 ans Certaines études ont montré qu'une variation de 1% de la constante' solaire augmenterait la température de 0.6°c. Le GIEC montre à l'aide de simulations que l'augmentation de la température des dernières décennies ne peut être expliquée seulement par l'activité solaire.

22) paramètres orbitaux

Les paramètres orbitaux sont la variation de la distance terre soleil qui marque l'excentricité du plan elliptique de l'orbiter terrestre, la variation de l'axe de rotation ou axe des pôles autour de 23,45°, sa valeur actuelle, la précession due à un mouvement giratoire de l'axe des pôles

Ces paramètres orbitaux, connus sous le nom de théorie astronomique du climat s de Milankovitch dès 1932 expliquent en grande partie la succession

Tab 1 : Tendances de températures par décennie

	1861-2004	1901-2004	1910-1945	1946-1978	1979-2004
H.Nord	0.053	0.072	0.165	-0.036	0.257
Globe	0.047	0.062	0.144	0.002	0.176

des périodes glaciaires froides et interglaciaires plus chaudes. Les archives climatiques comme par exemple le carottage de glace et l'analyse des sédiments des fonds marins ont permis de reconstituer l'évolution climatique sur des millénaires; trois cycles se superposent de 20000 ans, de 40000 ans et de 100000 ans.

23) volcanisme

La quantité d'énergie qui arrive au sol et le bilan thermique qui en découle dépend de l'extinction principalement par diffusion du rayonnent solaire en traversant l'atmosphère, donc de sa concentration en aérosols- C'est surtout l'élément température qui réagit le mieux aux conséquences du volcanisme.

III) L'effet de serre

1) Effet de serre naturel

La température de la terre est la résultante de l'équilibre entre le rayonnement solaire visible incident et le rayonnement infrarouge ascendant. L'effet de serre naturel est l'absorption du rayonnement infrarouge terrestre par certains gaz, dits gaz à effet de serre de l'atmosphère. Les principaux gaz à effet de serre, qui représentent environ 1% sont la vapeur d'eau, le gaz carbonique, le méthane et le dioxyde d'azote. En raison de l'effet de serre naturel, le gain thermique de l'ensemble terre atmosphère est de 33°c, c'est à dire sans ces gaz la température moyenne du globe atteindrait seulement -18°c. Vu leurs faibles concentrations, il est normal que les émissions liées aux activités de l'homme comme le gaz carbonique (75%,), le méthane (16%,), le dioxyde d'azote (6%,) ont une influence non négligeable. Ceci explique l'intérêt accordé par les médias et les scientifiques aux variations de la concentration des gaz à effet de serre. En effet si dans les années 70, la tendance était le retour vers le petit âge glaciaire, comme le montrait les séries observées; à partir des années 80 la communauté internationale remarque le dérèglement du climat et devient de plus en plus préoccupée par l'influence de l'homme sur le climat.

2) Effet de serre anthropique

Les activités humaines durant depuis le début de l'ère industriel ont augmenté les concentrations des gaz à effet de serre ; devant ce forçage externe le système climatique se rééquilibre en changeant sa température Cette température d'équilibre est amplifiée ou atténuée par des rétroactions complexes positives ou négatives.

Les émissions de gaz à effet de serre ont augmenté entre 1950 à ce jour mais plus rapidement sur les dernières décennies suite à la croissance économique et démographique comme le montre la figure (fig1) suivante dite courbe de Keeling pour la concentration en CO2. Actuellement une cinquantaine de station, à travers le globe, mesure ces gaz à effet de serre comme à l'Assekrem dans le Hoggar.

L'accroissement de la température va dépendre de la concentration des émissions, par exemple pour ne pas dépasser les deux degrés vers l'horizon 2100, l'accroissement doit se limiter vers les 455ppm

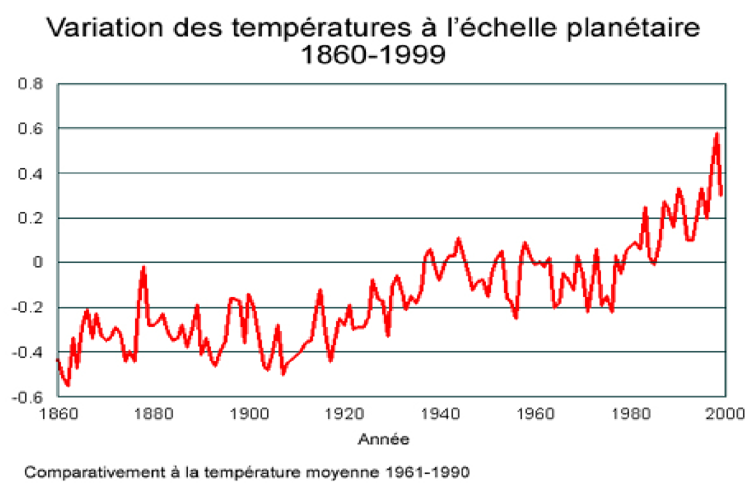


Fig 1 : Anomalie de la température moyenne à l'échelle du globe.

III) Que dit l'observation

1) Sur le globe

Les différentes études sur l'évolution du climat, montrent que le climat n'est pas resté stable dans le temps et qu'on observe des excédents et des déficits pluviométriques importants avec des hausses de température non négligeables.

D'après les travaux du GIEC, en traitant les données à partir de 1860 à l'échelle du globe, pour avoir un nombre de postes suffisant, on remarque que:

Les températures sont à la hausse entre la fin du XIXé siècle et le milieu du XXé siècle, l'augmentation entre 1910-1940 étant la plus rapide; la température s'est abaissée jusqu'aux années 1960-70 puis un accroissement remarquable à partir de 1980. Les températures moyennes minimales augmentent généralement plus que les maximales. Si on considère les données jusqu'à 2015, il ressort que les 10 années les plus chaudes ont été observées depuis 1998.

La répartition des précipitations s'est modifiée au cours du XXe siècle. Elles ont fortement augmenté dans certaines régions du globe comme en Amérique et elles ont diminué dans d'autres régions comme au Sahel et en Méditerranée..

L'affirmation du changement climatique dû aux gaz à effet de serre est passé par les niveaux suivants selon les différents rapports du GIEC. La probabilité est passée de 50% en 1995 à 66% en 200, puis de 90% en 2007 à 95% en 2014.Les années les plus chaudes depuis que l'observation existe, ont été enregistrées en 1998, 2005,2010.

2) En Algérie

La hausse de la température a été montrée sur les plus longues séries , pour Alger et sur plusieurs stations, on observe une tendance à la hausse très nette en phase avec la période de sécheresse. Cette tendance à la hausse est également significative dans les régions désertiques et même celles éloignées de toute forme d'urbanisation comme à la station de l'Assekrem.

3) Réchauffement climatique ou précision des mesures?

C'est le débat soulevé par plusieurs climatologues qui prennent comme arguments

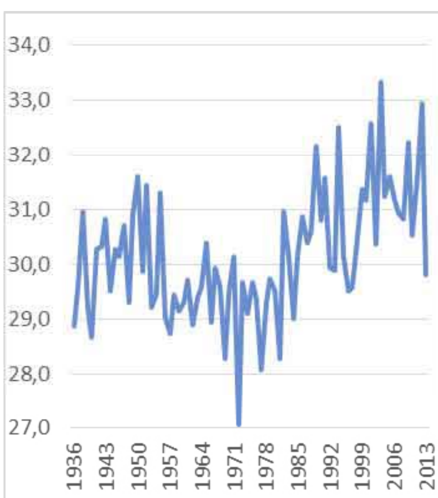
-l'évolution de l'environnement et des systèmes de mesures

-la représentativité des mesures

-le déplacement des stations

Il faut tout de même signaler que la densité du réseau d'observation a nettement évolué en un siècle avec des changements certains dans l'environnement; il est rare également d'observer des stations dont la durée de fonctionnement dépassent le siècle sans changement de site

Les corrections apportées sont aux données pour tenir compte de ces changements et qui peuvent être du même ordre de grandeur que le réchauffement climatique mis en évidence. Toutefois le GIEC dit avoir considéré toute cette problématique dans les résultats d'évolution des séries globales obtenues. L'observation montre une rupture de la stationnarité, il est dif-



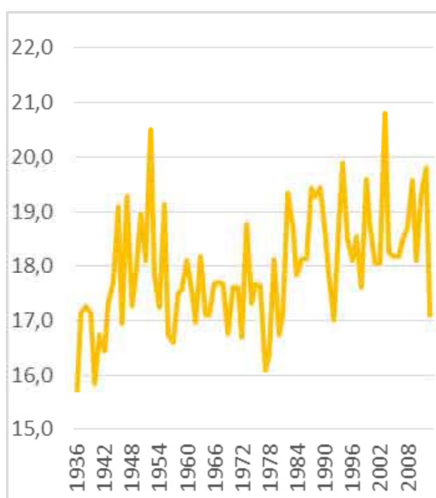


Fig 2 : Evolution de la température moyenne maximale et minimale à Alger Dar el beida 1936-2012

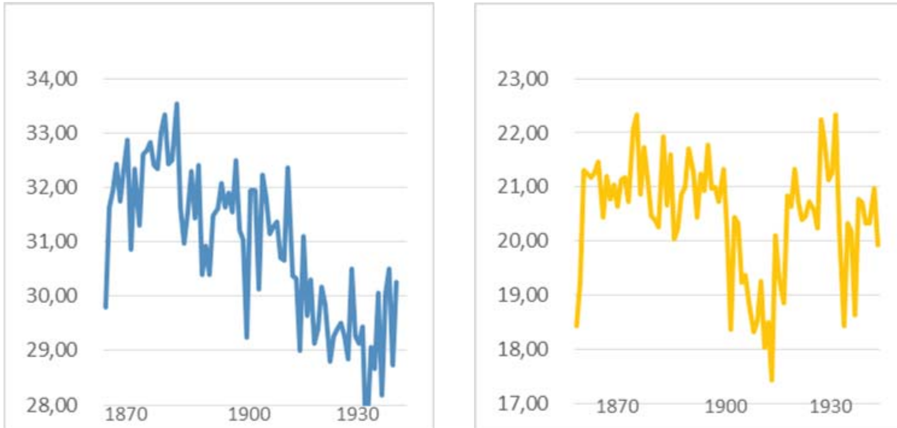


Fig 3 : Evolution de la température moyenne maximale et minimale à Alger port 1862-1942

ficile de considérer la pluviométrie et la température comme des évènements aléatoires. Il est nécessaire de prendre en compte les plus longues séries disponibles pour tout projet d'aménagement. La notion de normale, de durée de retour perdent même leur sens.

IV) CLIMAT FUTUR

Il est impossible de prédire le climat naturel du futur, mais plusieurs écoles au moyen de simulation informatique du système climatique de la terre reproduisent l'état passé et actuel du climat et peuvent estimer son comportement futur. Les versions actuelles de ces simulations ou modèles relient les processus terrestres, océaniques et atmosphériques (modèles couplés). Les chercheurs alimentent ces modèles avec des données historiques des gaz à effet de serre pour tester dans quelle mesure ceux-ci peuvent produire les changements climatiques observés au cours du siècle dernier.

On recherche par exemple les conséquences sur le climat des décennies prochaines suite à l'action d'agents de forçage extérieur comme le dédoublement du CO_2 (vers 2050) ou la modification de l'albédo du sol.

On peut également appliquer différents scenarios portant sur l'évolution de l'économie mondiale (fortes réductions, prolongations des émissions en cours).

Pour maintenir un seuil de 2°C, la concentration en CO_2 ne doit pas dépasser les 460 ppm. L'essentiel des incertitudes des modelés est due à la grande complexité des phénomènes qui interagissent à différentes échelles ainsi que la prise en compte de la rétroaction plus ou moins complexe.

La plupart des modèles de circulation générale prévoient une augmentation de la température du globe qui est variable selon la latitude. La tendance est au réchauffement dans nos régions, ce réchauffement peut atteindre 2° à 3° dans une cinquantaine d'années.

Pour les précipitations les résultats des modèles ne sont pas concordants sur une bonne partie du globe. Ils sont encore plus divergents sur le Maghreb suite à la complexité de la dynamique atmosphérique de ces régions. Une diminution des précipitations avec un certain balancement saisonnier serait même probable.

Les phénomènes climatiques extrêmes sont en augmentation bien qu'ils soient des indicateurs médiocres des changements climatiques, alors que leurs impacts socio-économiques sont importants.

Cette augmentation montre l'importance de l'adaptation pour limiter la vulnérabilité à l'exposition (exemple de l'urbanisation rapide). L'impact des événements extrêmes est fortement lié au degré de préparation ainsi qu'à la capacité d'agir.

Conclusion

Les causes naturelles que sont l'activité solaire et les paramètres orbitaux ont toujours influencé la température au cours du temps : toutefois d'après le GIEC il est très vraisemblable que l'accroissement de la température durant les dernières décennies est dû à l'effet de serre. Le plus important étant le CO_2 dont la concentration est passée de 260ppm a 370 ppm en moins de 50 ans. L'augmentation a été plus rapide durant les deux dernières décennies et atteindra les 450 à 1000ppm en 2100 selon les restrictions politiques énergétiques

Le climat futur du globe va dépendre de cette concentration, la température du globale peut varier de 2 °C à 7 °C, selon les scenarios d'émission; pour les précipitations les résultats ne sont pas tous concordants, particulièrement sur le pourtour méditerranéen.

Les données d'observation montrent un réchauffement très net, comme le montre les séries climatologiques nationales.

La tendance aux précipitations est à la baisse avec des sécheresses plus fréquentes.

Les modèles climatiques à l'horizon 2020 et 2050 prévoient une augmentation de la température d'environ 1 à 2°c (été et hiver) et une diminution des précipitations sur les deux saisons les mieux arrosées.

Bibliographie

Rapports GIEC 2007 2014 : OMM

André Berger, 2006 : ' le climat de la terre'. De Boeck université

Jean Louis Fellous, 2007 : ' comprendre le changement climatique'. Odile Jacob Sciences.

André Hufty, 2001: 'Introduction à la climatologie'. De Boeck université.

Les canicules répétées et changement climatique en région méditerranéenne

Lazreg BENAÏCHATA

Université Ibn Khaldoun de Tiaret

Résumé

Le réchauffement global est une réalité, appelé aussi réchauffement climatique ou encore réchauffement planétaire. C'est un phénomène d'augmentation de la température moyenne des océans et de l'atmosphère terrestre, mesuré à l'échelle mondiale sur plusieurs décennies. Ce réchauffement multiplie par dix le risque d'étés extrêmement chauds dans certaines régions (UK Met. Office), alors que le risque était seulement doublé il y a une quinzaine d'années.

Cependant, les pays peuvent réduire les risques que les vagues de chaleur font peser sur la santé et l'industrie en se dotant de systèmes d'alerte précoce aux vagues de chaleur. Ces systèmes se fondent sur des prévisions météorologiques et/ou climatiques afin d'évaluer la probabilité que les périodes de chaleur à venir aient des impacts. Les informations diffusées servent à alerter les décideurs, les services sanitaires et le grand public pour qu'ils agissent en temps voulu afin d'atténuer les effets des extrêmes de chaleur.

Mots clés : Changement Climatique, Phénomènes extrêmes, santé, Vagues de chaleur.

Repeated heat waves and climate change in the Mediterranean region

Abstract

Global warming is a reality, also known as climate change. It is a phenomenon of increasing the average temperature of the oceans and the Earth's atmosphere, measured on a global scale over several decades. This warming multiplies by ten the risk of extremely hot summers in certain regions (UK Met. Office), while the risk was only doubled fifteen years ago. However, countries can reduce the heat waves risks on health and industry by providing early warning systems to heat waves. These systems are based on meteorological and / or climate predictions to assess the impacts of the future heat periods. The disseminated informations serve to alert policy makers, health services and the public to act in time to mitigate the extreme heat effects.

Keywords: *Climate Change, Extreme Phenomena, Health, Heat Waves.*

Auteur correspondant

Lazreg BENAÏCHATA
Université Ibn Khaldoun de Tiaret

Introduction :

L'une des grandes conséquences du réchauffement climatique sera la hausse très probable de la fréquence et de la durée des fortes chaleurs estivales qui ont des conséquences importantes sur la santé humaine et animale, la gestion énergétique, le nombre d'incendies forestières et les fluctuations des prix de certains produits (Komi A. et Atchemdi, 2008). Même au Sahara nous pouvons parler de vagues de chaleurs, si les anomalies de températures augmentent anormalement durant un certain nombre de jours consécutifs affectant les êtres vivants. Vu la diversité climatique du pays, les vagues de chaleur pourront varier grandement d'une région à l'autre en Algérie d'où la nécessité de mise en place de plans d'urgences régionauxpour réduire efficacement la vulnérabilité sanitaire des populations. Pour l'instant les maladies et la mortalité occasionnées par la chaleur restent inexplorées.

Définition :

Il n'existe pas de définition universelle du phénomène « Vague de chaleur » mais on en parle, lorsqu'on observe des températures anormalement élevées pendant plusieurs jours consécutifs. Les niveaux de températures et la durée de l'épisode qui permettent de caractériser la vague de chaleur varient, selon les régions, la capacité d'adaptation des populations et les domaines considérés.Cependant, il est possible de définir un épisode caniculaire comme étant fondé sur l'intensité et la durée des températures extrêmes journalières (températures maximales) et nocturnes (températures minimales). Généralement le concept repose sur le dépassement de seuils calculés dans notre cas comme suit : Un « événement météorologique extrême » est un événement rare en un endroit et à un moment de l'année (IPCC, 2007), il est moins fréquent, que les 10èmeou 90èmepercentiles de la fonction de densité de probabilité observée. Lorsque des conditions météorologiques extrêmes se prolongent pendant un certain temps, elles peuvent être considérées comme un événement climatique extrême. Selon Klein Tank and Konnen(2003) ce phénomène extrême est défini comme une vague de chaleur lorsque les températures dépassent le percentile 90 pendant au moins six jours consécutifs.

Changement climatique en Algérie et fortes chaleurs:

Nous nous proposons d'exploiter les résultats de l'étude dont l'objectif visait à fournir les éléments pour confirmer la détection du changement climatique ainsi que son amplitude en Algérie (Benaïchata, 2015). Les principales conclusions tirées sont : (I) La confirmation d'une élévation des températures dans toutes l'Algérie et (II) le changement dans la loi de distribution des températures avec une augmentation des moyennes et des variances (Figure 1). Ceci explique l'augmentation des fréquences des vagues de chaleurs et canicules estivales. La détection du changement climatique a été faite grâce au calcul des indices de détection du changement climatique proposé par le groupe d'experts sur le calcul des indices de détection du changement climatique ETCCDI.

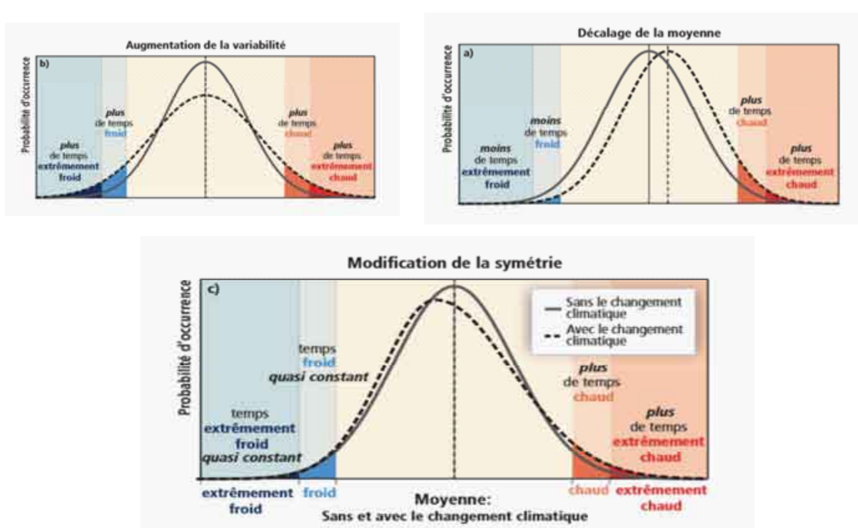


Figure 1: Illustration des lois de distribution en cas de changement de moyenne et variance.

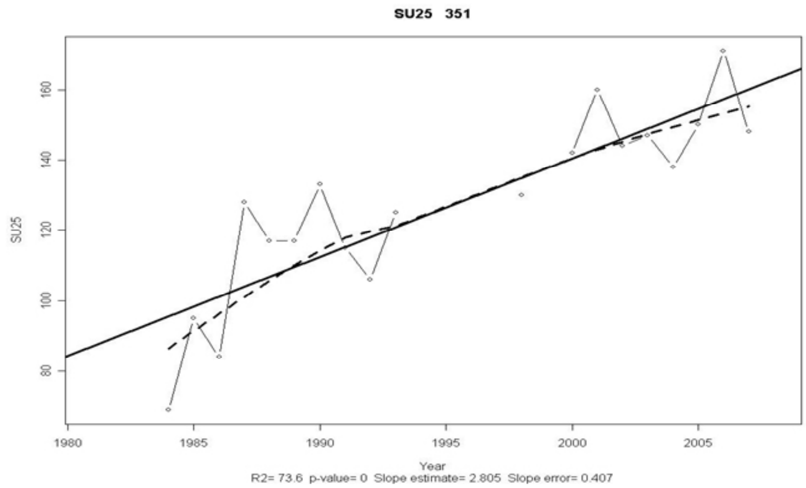


Figure 2: Exemple de l'indice SU25 représentant le nombre de jours par année où TX > 25°C qui en augmentation continue. (TX : Température maximale)

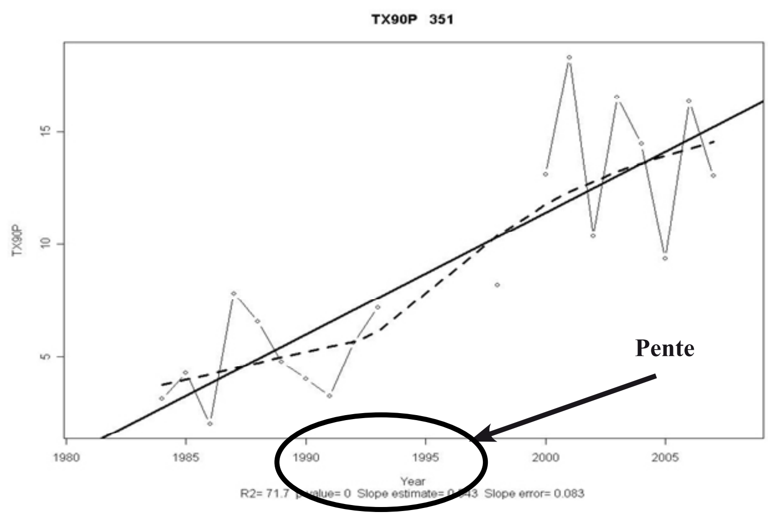


Figure 3: Exemple de l'indice TX10p représentant le pourcentage de jours où TN>90ème percentile qui est en augmentation. (TX : Température maximale)

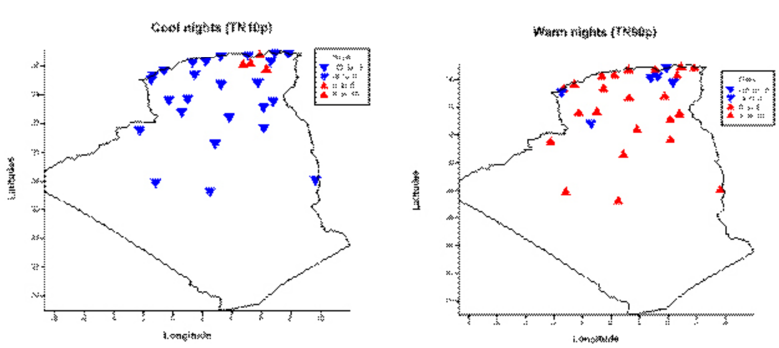


Figure 4: TN10p pourcentage de nuits avec Tn<10p (Nuits froides) et TN90p pourcentage de nuits avec Tn>90p (Nuits Chaudes)

Données, méthodes et outils :

Les indices sont calculés à l'aide des données d'observations météorologiques du réseau Algérien de l'Office National de la Météorologie (1970-2014). Bien que le calcul des indices est simple à faire, nous avons utilisé le packages iki.dataclim développé sous R par Boris Orlowsky (2014). L'analyse des indices basés sur les percentiles permet de prouver le réchauffement ainsi que la détermination des zones pouvant être affectées par les vagues de chaleurs et canicules si le réchauffement climatique continue.

Si la comparaison des paramètres de la fonction densité de probabilité, montre un saut dans la moyenne ou la médiane, les probabilités d'occurrence de certaines valeurs extrêmes augmenteront. Ainsi les fortes valeurs de températures qui étaient rares dans le passé seront plus fréquentes.

Approche pour calculer les indices

Indices basés sur un seuil fixe:

On peut calculer des indices basés sur des seuils de valeurs prédéfinis (Figure 2). Même s'ils sont faciles à comprendre, ils ne sont pas pratiques dans la comparaison spatiale.

Indices basés sur un seuil défini par la climatologie du point de mesure (centiles ou percentiles) :

Les indices peuvent être basés sur des statistiques telles que les quartiles, les déciles ou percentiles (Figure 3). Ces indices sont plus difficiles à interpréter mais facilitent la comparaison entre les différentes régions de l'Algérie.

Les pentes de ces courbes en chaque point d'observation sont exprimées par un triangle dans une carte. Si la pente est positive, le sommet du triangle est orienté vers le haut, sinon il est orienté vers le bas.

Tendance des indices se basant sur les températures minimales

Lacarte de l'indice TN10p (nombre de jours avec des températures minimales inférieurs au 10eme percentile) (fig.4) montre que la majorité des points d'observations ont des tendances négatives de cet indice. Ceci explique le réchauffement des nuits en Algérie. La carte de l'indice TN90p (nombre de jours avec des températures minimales supérieurs au 90eme percentile) montre que la majorité des points d'observations ont des tendances positives de cet indice. Ceci explique aussi le réchauffement des nuits en Algérie.

Tendance des indices se basant sur les températures maximales

La carte de l'indice TX10p (nombre de jours avec des températures maximales inférieurs au 10eme percentile) (fig.5) montre que la majorité des points d'observations ont des tendances négatives de cet indice. Ceci explique le réchauffement des journées en Algérie. La carte de l'indice TX90p (nombre de jours avec des températures maximales supérieurs au 90eme percentile) montre que la majorité des points d'observations ont des tendances positives de cet indice. Ceci explique le réchauffement des journées en Algérie.

Les 2 cartes de la Figure 6, des indices SU25 et TMAXmean qui sont respectivement le nombre de jours dont les températures maximales dépassent un seuil (25°C) et la moyenne des températures maimales ont toutes des tendances positives et montrent bien le réchauffement des journées.

Cependant, en exploitant la définition de la canicule : « Un épisode de températures élevées, de jour comme de nuit, sur une période prolongée» Cette définition simple est analysée et Il apparait que l'analyse de la persistance des paramètres, température et amplitude thermique sur plusieurs jours consécutifs peuvent nous aider à définir les zones à risque en cas de changement climatique (tendance continue). Nous superposons ainsi les cartes des indices correspondants aux températures extrêmes (Tn10p ou Tx90p), celle de l'amplitude thermique (DTR) et de l'Indicateur de séquence chaudeou nombre de jours par année ayant au moins 6 jours consécutifs avec TX>90ème percentile (WSDI) (fig.7). Le DTR étant l'amplitude thermique journalière, si sa valeur est élevée, cela veut dire que les températures de la journée et de la nuit sont très différentes dans ce cas il n'y a pas de risque caniculaire, par contre si le DTR est faible durant une période de fortes chaleurs, le risque de canicule est grand. La superposition des cartes des 2 indices WSDI et le DTR définira les zones à risque de fortes chaleurs dû à la tendance du changement climatique. Les zones les plus touchées sont celles qui ont une augmentation de jours et de nuits chauds avec de faibles amplitudes thermiques (Figure 8).

Conclusion :

Tous les indices de températures minimales ou maximales démontrent que l'Algérie qui estsituée dans une zone de transition climatique entre climats tem-

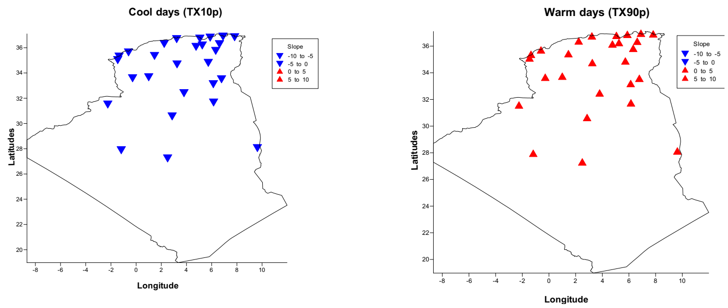


Figure 5: Tn10p pourcentage de nuits avec Tx<10p (Jours Doux) et TX90p pourcentage de nuits avec Tn>90p (Jours Chauds)

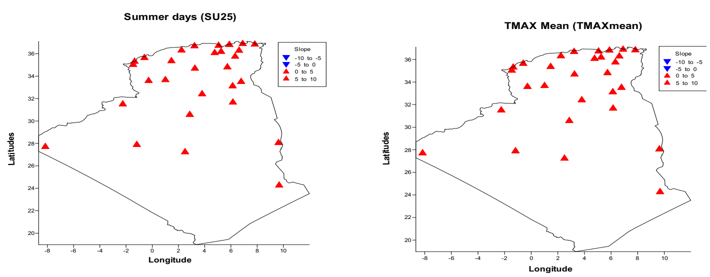


Figure 6: SU25 Nombre de jours/an avec TX> 25°C (Journées d'été) et TMAX mean

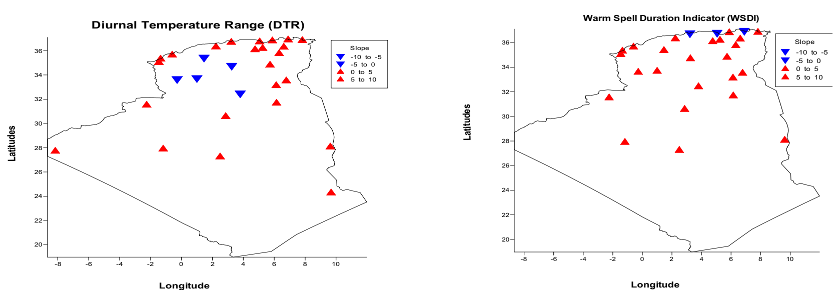


Figure 7: DTR (Amplitude thermique diurne) (valeur mensuelle en °C) et WSDI (Indicateur de séquence chaude) Nombre de jour/an avec au moins 6 jours consécutifs lorsque TX>90p

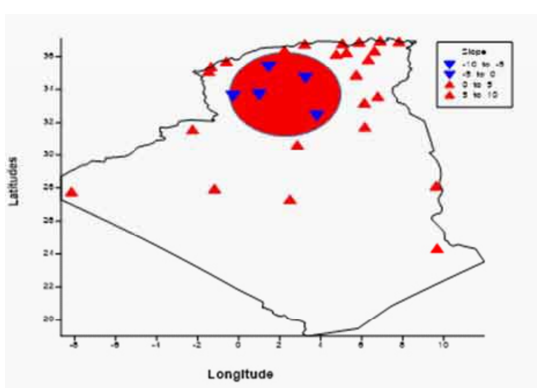


Figure 8: Zone à risque suite au changement climatique (superposition des cartes DTR et SDI)

péré et tropical est affectéepar le réchauffement climatique. Les journées comme les nuits ont tendance à se réchauffer (nombre de jours par an dépassant un certain seuil de fortes températures est en augmentation). Les paramètres de la densité de probabilité des températures (minimales et maximales) sont complètement translatés vers les fortes valeurs. Ainsi les valeurs qui étaient rares sont actuellement des valeurs qui ont plus de chance de se manifester. Les occurrences de canicules estivales seront plus fréquentes dans l'avenir. Si effectivement, les tendances climatiques continuent vers le réchauffement, les fortes chaleurs et canicules se multiplieront dans la zone encerclée dans la Figure 8. Cette partie de l'étude concerne beaucoup plus les négociations internationales dans les manifestations de haut niveau sur le changement climatique (Conférences des parties). Cependant, pour un plan d'action et d'alerte, il est nécessaire d'introduire les cartes de prévision de ces indices aux échelles de temps journalière et saisonnière.

Référence :

Benaichata, Mederbal et Chouieb, 2015. Climat change detectionwithextremeweatherfactorsconcerningalgeria, ESJ, Volume 11, Numéro 17.

Boris Orlowsky, 2014. iki.dataclim: Consistency, Homogeneity and SummaryStatistics of Climatological Data. R package version 1.0. https://CRAN.R-project.org/package=iki.dataclim

Komi ApédoAtchemdi Komi A. et Atchemdi, 2008. Impact des variations climatiques sur le prix des moutons sur le marché de gros de Djelfa (Algérie), Cahiers Agricultures, Volume 17, numéro 1, Janvier-Février 2008,DOI : 10.1684/agr.2008.0156

IPCC, 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change. FourthAssessment Report Climate Change.

Klein Tank, AMG., GP. Konnen, 2003. Trends in indices of dailytemperature and precipitationextremes in Europe, 1946–99. Journal of Climate,16,3665–3680.

Analyse des journées de forte chaleur à l'Ouest Algérien

M. Faci[1], A. Matari[1], M. Oubadi[1], F. Boudjemline[1] et Y. Farhi[1]

1. Division d'Ecologie des Ecosystèmes Arides et Gestion des Risques Climatiques, Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides (CRSTRA), Biskra, Algérie.

Résumé

Cette recherche s'est intéressée à l'analyse des données de température maximale et minimale de trois stations météorologiques à l'Ouest Algérien (Oran pour la région côtière, El-Bayadh pour la Steppe et Béchar en plein Sahara), sur une période de soixante années (1951-2010). Nous avons considéré qu'une journée est chaude si la somme des températures minimales et maximales dépasse un seuil considéré, qui est pris tels qu'environ 10 % des valeurs de la même station lui soit supérieur. Une vague de chaleur est considérée lorsque trois jours consécutifs ou plus, dépassent le seuil défini précédemment.

Pour les stations étudiées, Il ressort que le nombre de journées chaudes et le nombre de vagues de chaleur a connu une tendance à la hausse. Les séquences de chaleur sont devenues, de plus en plus longues et plus fréquentes durant les deux dernières décennies. Considérant les séquences supérieures ou égales à 3 jours, le nombre de cas observé a connu un taux d'accroissement supérieur à 50 %. Pour la période d'apparition des vagues de chaleurs, et selon la région, l'étude montre un avancement de la période d'apparition des premières vagues de chaleurs et un retardement de la fin de la période de fortes chaleurs, ce qui se traduit par un allongement de la période chaude.

Mots clés : Canicules, Ouest Algérien, Accroissement, Période chaude, Allongement.

Repeated heat waves and climate change in the Mediterranean region

Abstract

This study aimed to analyze the maximum and minimum temperature data from three weather stations in the Western Algeria (Oran for the coastal region, El-Bayadh for Steppe and Béchar in the Sahara), over a period of sixty years (1951-2010). We regarded it as hot day when the sum of the minimum and maximum temperatures exceeds a considered threshold, which is defined higher as approximately 10% of the same station values. The heat wave occurs when three or more consecutive days exceed the above defined threshold.

Findings showed that the number of hot days and heat waves have generally been trending upward. Heat sequences have become increasingly longer and more frequent in the last two decades. By considering the sequences higher than or equal to 3 days, the number of the observed cases increased by 50%. For the period of heat wave occurrence, and depending on the region, the study showed an advancement of the onset period of the first heat waves and lateness in the end of intense heat, which induced a prolonged warm period.

Keywords: *Heat waves, West Algerian, Growth, Hot period, Extension.*

Auteur correspondant

M. Faci
Email: fm_alg@yahoo.fr

1. INTRODUCTION

D'après l'Agence Américaine Océanique et Atmosphérique (NOAA), et depuis l'année 1880 qui correspond au début des enregistrements des températures, les mois allant de Janvier à Juillet de l'année 2015 ont été les plus chauds pour la surface du globe. La moyenne de température durant ces mois a été plus élevée de 0,85°C par rapport à celle enregistrée durant le XXe siècle. Ce phénomène a été surtout observé dans les terres émergées où ce dépassement a été de 1,34 °C. Le mois d'Août était le troisième mois le plus chaud dans les annales avec une température moyenne (terres et océans) de 1,14 °C, au-dessus de celle enregistrée durant le dernier siècle (NOAA in INRA Algérie, 2015).

Il n'existe pas de définition précise de «canicule» considérée ici comme synonyme de «vague de chaleur», qui est un phénomène qui correspond au maintien d'une température élevée pendant plus de 48 heures avec un maximum diurne anormalement élevé, et une température minimale qui ne s'abaisse pas suffisamment durant la nuit (Robinson, 2000 ; Derkaoui, 2012).

En 2015, les canicules ont causé une importante mortalité à travers le monde : 3300 décès en France, 2000 en Inde et plus de 700 en trois jours au Pakistan. L'année 2003 de même a connu une importante vague de chaleur en Europe et particulièrement en France avec 15 000 décès, durant les deux premières décades du mois d'aout (Poumadère, 2015). La mortalité est plus importante chez les personnes âgées et ceux atteint de maladies chroniques. Selon Mc Michael et al. (2003), les températures extrêmes causent le décès de plus de 1000 personnes âgées de plus de 65 ans par an en Australie. Malheureusement, les services de la santé publique ne disposent pas de données détaillées sur le taux de mortalité lié aux températures extrêmes.

En outre, les dégâts dans le secteur économique nous ont conduits à approfondir l'analyse de ce phénomène en Algérie, le long d'un gradient climatique intégrant les trois grands ensembles géographiques : le Tell, la Steppe et le Sahara.

2. DONNEES ET METHODES

2.1. Les stations

Pour l'analyse des canicules dans l'Ouest Algérien, nous avons utilisé des données météorologiques de trois stations principales (Fig. 01), ces stations sont gérées par l'Office National de la Météorologie (ONM), dont les cordonnées sont reportées dans le Tableau 01.

Figure 01 : Localisation des stations d'Oran, d'El-Bayadh et de Béchar.

2.2. La période

Nous avons analysé les données de température journalière sur une période de soixante ans (1951-2010), le choix de cette période provient des résultats des différents travaux sur le climat et le réchauffement climatique, qui montrent clairement une rupture de la stationnarité vers la fin des années 1970s(Belarbietal,2012).

Pour chaque année, nous avons pris en considération des données de la température maximale et minimale journalières,pour la période allant de Juin à Septembre, car ces quatre mois sont les plus chaud. Nairn et al. (2015)font unedistinction entre les caniculesétant des périodes chaudes dans un sens absolu, et les vagues de chaleur étant des périodes chaudes dans un sens relatif, ceci signifie que les vagues de chaleurs peuvent se produire à tout moment de l'année, même au milieu de l'hiver, tandis que les canicules se produisent particulièrement en été.

2.3. Les seuils

Le seuil de température à considérer pour déterminer une canicule dépend de plusieurs facteurs, tels le type du climat, la sensibilité des personnes, ….etc. Toutefois, plusieurs auteurs s'accordent à définir une canicule comme période de très forte chaleur (Exemple : Abderrahmani et al, 2009 ; Kovats et al, 2008). Certains prennent en considération uniquement la température de la journée (Hanchaneet al, 2016), mais la température durant la nuit est également d'un effet important sur le bien-être des personnes, car elle ne

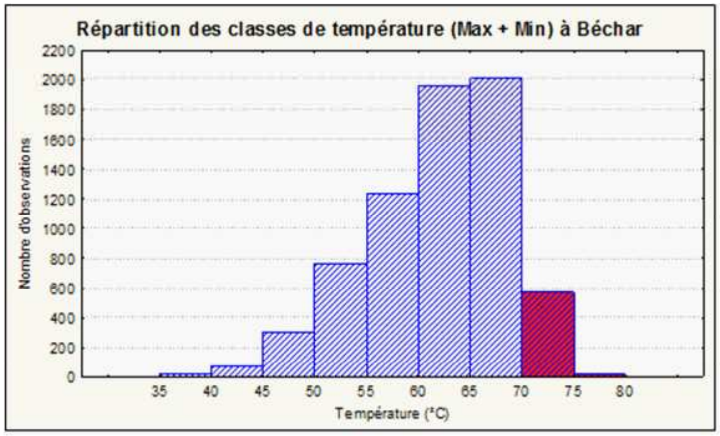


Figure 02 : Répartition des classes de température à Béchar (TMax + TMin).

permet pas de repos nocturne.

Dans notre étude on a tenu compte aussi bien du maximum que du minimum de la journée, non pas on les prenant individuellement mais on faisant leur somme qui est assez représentative de la moyenne journalière de la température, puisque en période estivale, son évolution est proche d'une sinusoïde.

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Détermination des seuils

Les stations d'étude appartiennent à trois étages climatiques différents, nous avons opté qu'une journée est chaude si la somme des températures minimales (TMin) et maximales(TMax) dépasse le seuil considéré,qui est pris de façon qu'environ 10 % des valeurs lui sont supérieur.

A titre d'exemple, pour la station de Béchar,sur les 7320 observations journalières, 8,6 % dépassent le seuil de 70 °C; la distribution de ces sommes est représentée par un histogramme qui est légèrement dissymétrique (Fig. 2). De ce fait, les seuils pris en compte pour chaque station durant la période estivale (Juin à Septembre) correspondent à 55 °C (station d'Oran), 60 °C (station d'El Bayadh) et 70 °C (station de Béchar). Dans cette analyse, la vague de chaleur sera considérée lorsque trois jours consécutifs ou plus, dépassent le seuil de température précédemment mentionné.

3.2. Analyse des journées chaudes

3.2.1. Nombre de journées chaudes

Pour chacune des stations le nombre de journées chaudes a été comptabilisé pour les deux périodes

Tableau 01 : Coordonnées géographiques des stations d'étude.

Coordonnées géographiques	Latitude	Longitude	Altitude
Stations	(Nord)	(E/W)	(Mètres)
Oran	35°38	00°36 W	90
El-Bayadh	33°40	01°00 E	1341
Béchar	31°38	02°15 W	807

Tableau 02 : Nombre de journées chaudes.

Périodes	1951-1980	1981-2010
Stations		
Oran	260	407
El-Bayadh	38	243
Béchar	226	395

Tableau 03 : Evolution moyenne de l'accroissement de la durée de la période des journées chaudes (Jours/Décennie).

	1951-1980	1981-2010
Oran	-4	10
El-Bayadh	/	12
Béchar	2	14

Tableau 04 : Nombre de vagues de chaleurs.

Périodes	1951-1980	1981-2010
Stations		
Oran	30	46
El-Bayadh	-	23
Béchar	29	46

distinctes (1951-1980 et 1981-2010) (Tableau02). Le taux d'augmentation des journées chaudes est assez voisin à la station d'Oran et de Béchar (56,53 % et 74,77 % respectivement), par contre, pour El-Bayadh la différence est fondamentale, car le nombre de journées chaudes est passé de 38 cas pour la première période à 243 cas pour la seconde période, soit une augmentation de près de 540 %.

La Figure03montre l'évolution des journées chaudes dans les trois stations. On note la particularité de la station des hauts plateaux (El-Bayadh), aussi bien à travers les résultats du tableau précédant que de la figure de l'évolution des journées chaudes, il ressort que durant la première période (1951-1980), les températures sont anormalement basses, ceci expose l'existence d'hétérogénéité dans l'ensemble de la série d'observation. Dans ce sens, une recherche approfondiede l'historique de la station d'El-Bayadh montre que le sited'implantation de la station météorologique a changé en 1976, passant de 1340 m d'altitude à 960 m.

L'évolutioninterannuelle du nombre de journées chaudes à la station de Béchar,montre qu'à partir du milieu des années 1990s, le nombre de journées a connu une nette augmentation.Nous signalons aussi que l'année 1999 été exceptionnelle à Béchar et à El-Bayadh, avec-successivement-46 et 21 jours de forte chaleur.

3.2.2. Début des journées chaudes

La date du début de la première occurrence des journées chaudes, a été répertoriée pour les 3 stations durant la période considérée. Il a été remarqué une nette tendance à l'avance de la date du début des journées chaudes qui s'est avancée dans toutes les stations durant les dernières années, par rapport aux premières années de la série, avec une moyenne d'une semaine à Oran, 3 semaines à Béchar (durant la période 1981-2010), et 1 semaine à El-Bayadh (à partir des années 1970s) (Fig. 4).

Tableau 05 : Evolution du nombre de vagues de chaleurs.

Périodes	1951-1980			1981-2010		
Stations	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010
Oran	7	15	8	9	18	19
El-Bayadh	-	-	-	1	6	16
Béchar	10	6	13	4	12	30

Tableau 06 : Début des vagues de chaleurs.

Périodes	1951-1980			1981-2010		
Stations	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010
Oran	2e D Juillet	3e D Juillet	3e D Juillet	3e D Juillet	3e D Juillet	3e D Juillet
El-Bayadh	/	/	/	1e D Août	2e D Juillet	1e D Juillet
Béchar	2e D Juillet	3e D Juillet	2e D Juillet	2e D Juillet	2e D Juillet	1e D Juillet

D : Décade

Tableau 07 : Fin des vagues de chaleur.

Périodes	1951-1980			1981-2010		
Stations	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010
Oran	1e D Août	2e D Août	2e D Août	2e D Août	2e D Août	2e D Août
El-Bayadh	/	/	/	1e D Aout	2e D Juillet	3e D Juillet
Béchar	3e D Juillet	1e D Août	1e D Août	3e D Juillet	3e D Juillet	2e D Août

D : Décade

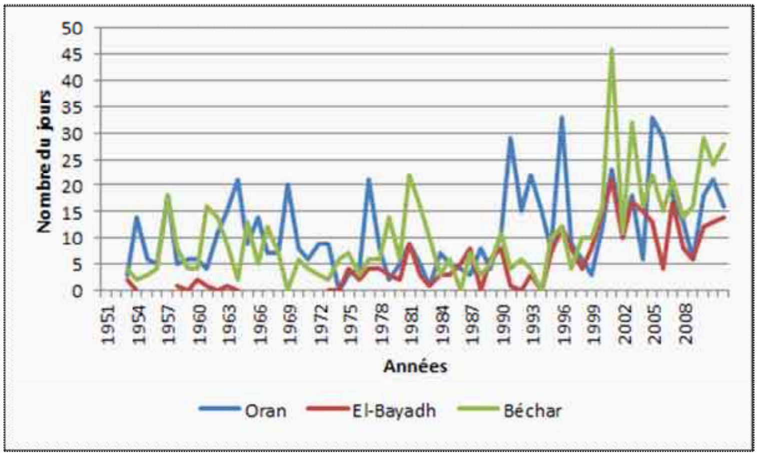


Figure 03: Evolution du nombre de journées chaudes dans les stations d'étude.

3.2.3. Fin des journées chaudes

La fin de la période chaude (dernière date où on a observé une journée chaude) a connu un recul considérable pour les trois stations soit : 1 semaine à Oran, 2 semaines à Béchar et 3 semaines à El-Bayadh (Fig. 5).

3.2.4. Durée de la période des journées chaudes

La durée de la période chaude (période entre la date du premier et du dernier enregistrement d'une journée chaude) s'est élargie à travers les stations étudiées (Fig. 06). Néanmoins, l'étendue de cette période est moins importante à Oran, avec environ 20 jours, par rapport à Béchar, où nous avons enregistré un allongement de 30 jours.

Si on considère la première période (1951-1980) à Oran, la durée des journées chaudes a même connu une diminution ; par contre, pour la deuxième période c'est plutôt une nette augmentation qui est observée.

Par décennie, le Tableau 03 montre clairement une similitude de l'accroissement de la durée moyenne de la période d'occurrence des journées chaudes durant les 30 dernières années.

3.3. Analyse des vagues de chaleurs

3.3.1. Nombre de vagues de chaleurs

Le nombre de vagues de chaleurs s'est multiplié de plus de 50 % à Oran et de plus de 70 % à Béchar, pendant les trente dernières années (Tableau 04).Les vagues de chaleur ont été reportées à Oran et à Béchar, durant la période considérée, avec une tendance à la hausse à partir du milieu des années 1980s(Tableau 05).L'évolution des vagues de chaleur à Oran a connu une légère tendance à l'accroissement au début des années 1990s. Cette augmentation est bien remarquable à Béchar.

3.3.2. Début des vagues de chaleur

Le Tableau 6 reporte les dates de début des vagues de chaleurs dans les trois stations. À Béchar et El-Bayadh, le début des vagues de chaleur arrive en général de façon plus précoce à partir de la fin des

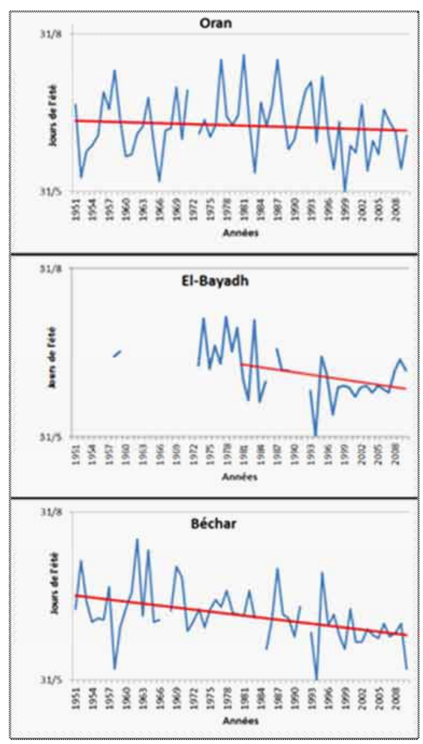


Figure 04 : Début des périodes des journées chaudes dans les stations d'étude.

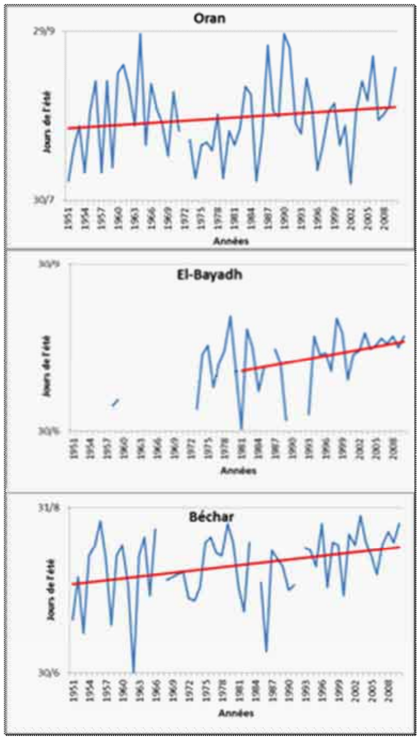


Figure 05 : Fin des périodes des journées chaudes dans les stations d'étude.

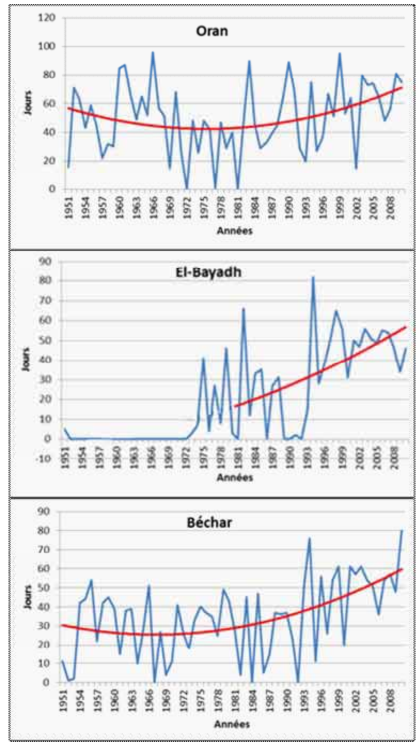


Figure 06 : Durée de la période des journées chaudes dans les stations d'étude.

années 1990s, environ deux semaines d'avance ont été enregistrées par rapport aux années précédentes. Dans la station d'Oran, la situation semble stable et l'apparition des canicules ne se fait qu'à partir de la deuxième moitié de Juillet.

3.3.3. Fin des vagues de chaleur

La fin de l'apparition des vagues de chaleur n'a pas connu un grand changement dans les deux stations du littoral (Oran) et de la steppe (El-Bayadh). Dans la station de Béchar, à partir du milieu des années 1990s, les dernières canicules ont reculé en moyenne de deux semaines durant la deuxième moitié du mois d'Août(Tableau 07).

3.3.4. Durée de la période des vagues de chaleurs

La durée des canicules n'a pas connue un changement remarquable à Oran. Par contre, elle a connu une importante tendance à la hausseà Béchar et à El-Bayadh, arrivant jusqu'à 50 journées(Fig. 07). À partir de l'année 1999, une évolution semblable à celle de la température moyenne s'est dessinée et poursuivie jusqu'à la fin de la période d'étude.

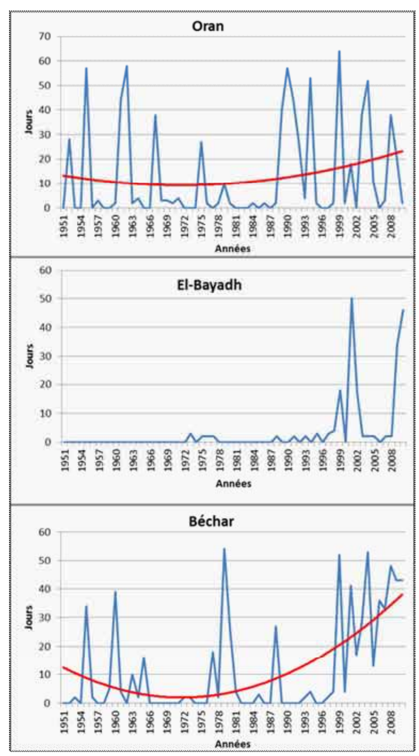


Figure 07 : Durée de la période des vagues de chaleur dans les stations d'étude.

CONCLUSION

Dans le but de connaitre l'évolution des journées de forte chaleur à l'ouest Algérien, nous avons analysé les données de température maximale et minimale,de trois stations météorologiques (Oran, El-Bayadh et Béchar), pour la période 1951-2010.

Les résultats obtenus montrent que le nombre de journées chaudes et le nombre de vagues de chaleur se sont élevés de plus de 50 % à travers toutes les stations durant les trente dernières années. Cette tendance à la hausse a commencé à partir des années 1990s à Béchar et El-Bayadh, et un peu avant (à la fin des années 1980s) à Oran.

Le début de la période chaude s'est avancé de plus d'une semaine sur les trois stations. Le même phénomène a été enregistré pour le début des vagues de chaleur, mais seulement sur les stations de Béchar et d'El-Bayadh, avec environ deux semaines. Dans la station d'Oran, les vagues de chaleur débutent durant la deuxième moitié du mois de Juillet.

La fin de la période des journées chaudes a reculé d'environ une semaine à Oran, deux semaines à Béchar et de trois semaines à El-Bayadh.A Oran, la fin de la période d'enregistrement des canicules n'a pas connue un changement remarquable; par contre, elle a reculée d'environ deux semaines à Béchar et à El-Bayadh.

Les courtes séquences de chaleur (moins de quatre jours) sont les plus fréquentes dans la région d'étude, mais à partir de la fin des années 1990s, des séquences de longues durées dans les stations d'Oran et de Béchar ont été enregistrées. Cela n'a pas été le cas dans la station d'El-Bayadh où les séquences de fortes chaleurs ne dépassaient pas quatre jours consécutifs.

Concernant les températures élevées, il a été enregistré deux années exceptionnelles (2001 et 2010) à El-Bayadh, avec une période qui s'est étalée sur plus de 50 journées de température élevée et trois vagues de chaleur.

L'année 1999 a été exceptionnelle à Béchar où 46 jours de forte chaleur ont été enregistrés durant les deux mois Juillet et d'Août avec sept vagues de chaleur.

Le nombre de vagues de chaleur le plus élevé a été enregistré à Oran en 1994 et 2004, avec 5 vagues par an.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abderrahmani B, Haouari M, Dobbi A, Hadjel M et Hassini N (2009) Analyse et modélisation des extrêmes de température au niveau de quelques stations types de Nord-Ouest Algérien. GeographiaTechnica (Roumanie), Numéro spécial : pp. 05-10.

Belarbi H, Matari A et Habi M (2012) Etude des séries temporelles : Application aux données hydroclimatiques. Editions Universitaires Européennes EUE (Allemagne), 252 p.

Derkaoui I (2012) Impact des paramètres météorologiques sur la mortalité globale à Oran en 2009. Mémoire de Magister, Département de physique, Faculté des sciences, université d'Oran Es-Senia (Algérie), 62 p.

Hanchane M et al (2016) Réchauffement et changement climatique au Maroc : impacts et vulnérabilité. Séminaire International Résilience et adaptation au changement climatique, 25, 26 et 27 Janvier 2016, Oran (Algérie).

Kovats S, Hajat S (2008) Heat Stress and Public Health: A Critical Review. Annual Review of Public Health (USA), Vol. 29 : pp. 41-55.

McMichael AJ, Woodruff R, Whetton P, Hennessy K, Nicholls N, Hales S, Woodward A, Kjellstrom T (2003) Human Health and Climate Change in Oceania: A Risk Assessment 2002. Commonwealth of Australia: Canberra (Australia).

Nairn JR, Fawcett RJB (2015) The Excess Heat Factor: A Metric for Heat wave Intensity and Its Use in Classifying Heat wave Severity. Int. J. Environ. Res. Public Health, 12 : pp. 227-253.

NOAAinINRAAlgérie (2015) 2015 probablement l'année la plus chaude jamais enregistrée. http://inraa-veille.blogspot.it/, accedele28 Novembre 2015.

OFFICE NATIONALDE LA METEOROLOGIE (2010) Résumé annuel du temps en Algérie. ONM (Algérie), 98 p.

Poumadère M (2015) La gestion des risques lies aux canicules : Le cas de la France avant/après 2003. Atelier International sur le Risque Canicules et les stratégies d'adaptation, 08 et 09 Novembre 2015, CRSTRA Biskra (Algérie).

Robinson PJ(2000) On the definition of a heatwave. Journal ApplMeteorol (USA), 40 : pp. 762-775.

Cas des vagues de chaleur sur l'Algérie en 2009 et 2012

Fouzia Boudjemline, Omar Matari, Mohammed Faci, Yacine Farhi

Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Regions Arides

Résumé

L'Algérie a connu ces dernières années des phénomènes météorologiques extrêmes. En Août 2012, juillet 2009 l'Algérie a été plongée dans une vague de chaleur intense. Avec des conséquences négatives sur la gestion de l'espace, la vie sociale et économique de la population. L'objectif de ce travail est de réaliser une typologie des vagues de chaleur depuis l'année 1988, sur un certain nombre de stations de l'Algérie. Dans le but de connaître les caractéristiques de ces vagues de chaleur de juillet 2009 et Aout 2012, une analyse climatique de ces deux évènements extrêmes a été réalisée. Les résultats obtenus nous indiquent que les vagues de chaleur de juillet 2009 et Aout 2012 sont tout à fait exceptionnelles. Elles sont les plus intenses depuis les 2 dernières décennies.

Mots clés : vague de chaleur, Algérie, phénomènes météorologiques extrêmes.

Cases of heat waves on Algeria in 2009 and 2012

Abstract

Algeria has undergone these last years, extreme weather phenomena. In August 2012, July 2009 Algeria was marked by an intense heatwave resulting negative consequences on area management, the social life and economic of the population. The objective of this work is to carry out a typology of the heatwaves since 1988, on a certain number of Algeria stations. In order to grasp the heatwave characteristics during the period of July 2009 and August 2012, a climate analysis of these two extreme events was carried out.

Keywords: *heatwave, Algeria, extreme weather phenomena.*

Auteur correspondant

Fouzia Boudjemline
Email: Boudjemline.f@gmail.com

Introduction

La variabilité naturelle du climat a toujours donné lieu à des phénomènes extrêmes. Cependant, la fréquence accrue de ces phénomènes pourrait être liée au changement climatique. Le modèle MAGICC centré sur le Maghreb, prévoit en effet un réchauffement moyen de l'ordre de 1°C entre 2000 et 2020 et une perturbation des régimes pluviométriques avec une tendance à l'abaissement, de l'ordre de 5 à 10 %. A long terme, la température pourrait augmenter de 3°C d'ici 2050, alors que les précipitations diminueraient de 10 à 30% d'ici 2050, ce qui va transformer ces zones arides en zones hyperarides et celles semi-arides en zones arides dans cette région. Des changements dans les moyennes, mêmes faibles, impliquent une augmentation de la fréquence des extrêmes climatiques (Kdik.2008). En effet, la communauté scientifique s'accorde à dire que les caractéristiques physiques des phénomènes météorologiques et climatiques de ces dernières décennies résultent de plus en plus du changement climatique. Le mois d'Août 2012, l'Algérie, a subi l'arrivée d'une vague de chaleur exceptionnelle par sa durée (près de 3 semaines), une situation similaire avait été enregistrée à juillet 2009, mais d'une durée moins longue Elle avait affecté les Hauts-Plateaux et les régions steppiques jusqu'à même le Nord Sahara. La déclaration de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM-N°998/OMM-N°1108), sur l'état du climat mondial, classe l'année 2012 respectivement au 9ème rang des années les plus chaudes de la dernière décennie, jamais observées.

L'objectif de ce travail est de réaliser une typologie des vagues de chaleur depuis l'année 1988, sur un certain nombre de stations de l'Algérie. Dans le but de connaître les caractéristiques et les facteurs à l'origine des vagues de chaleur de juillet 2009 et Aout 2012, une analyse climatique et une analyse des conditions synoptiques de ces deux évènements extrêmes a été réalisée.

Figure 1 : localisation des stations de la zone d'étude

Données et méthodes d'approche

Les séries de données utilisées dans cette étude sont fournies par :

- Les services de l'Office National de la Météorologie (ONM) sur la période 1988-2013.

Il s'agit des données de :

-températures moyennes, températures maximales moyennes, températures minimale moyennes et la température journalière pour les stations de (Annaba, Oran, El Bayadh, In Salah, Béchar)

1. Problèmes et définitions

Pour la définition de la canicule, cette dernière est un phénomène météorologique durable qui peut s'étaler sur plusieurs jours consécutifs, voire parfois plusieurs semaines. Sa définition varie selon les pays et même parfois à l'intérieur d'un même pays compte tenu du climat propre à chaque région ou à chaque ville (position géographique, altitude, proximité des surfaces d'eau, couverture végétale, effet urbain …)

Le mot canicule, «désigne un épisode de températures élevées, de jour comme de nuit, sur une période prolongée». Les seuils ne sont pas les mêmes d'une région à l'autre et la chaleur doit durer au moins trois jours.

En général, on ne peut parler de canicule que si elle dure plus de 3 jours consécutifs avec des maximales qui dépassent 30 à 35°C. Si ce n'est pas le cas, on parlera plutôt d'un pic de chaleur. Si l'on habite dans les villes littorales du Nord où la température maximale dépasse rarement la barre de 35°C comme seuil de température insupportable correspondant à la température interne du corps humain. Mais la température de 40°C serait tout à fait normale si l'on habite l'intérieur du pays ou au Sud.

Dans le but de connaître les caractéristiques des vagues de chaleur de juillet 2009 et août 2012, plusieurs paramètres ont été exploités pour réaliser une analyse climatique. Une analyse des conditions synoptiques a également été réalisée afin de connaître les facteurs à l'origine de ces deux évènements extrêmes.

2. Analyse de l'évolution de la température moyenne estivale

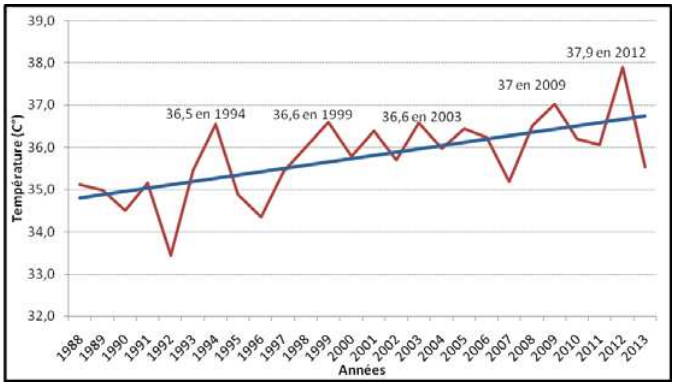


Figure 2. Evolution des moyennes estivales (du juin à août) des températures maximales calculée à partir des 38 stations représentatives en Algérie depuis 1988

Tableau 1 Extension géographique des trois canicules les plus récentes en Algérie

Années	1999		2009		2012	
Région	Nombre de jours de forte chaleur Durant l'été	T°C Max absolu	Nombre de jours de forte chaleur Durant l'été	T°C Max absolu	Nombre de jours de forte chaleur Durant l'été	T°C Max absolu
littorale Annaba	du 23 /08 au 29/08 (7jours)	41,4°C	Du 21/07 au 25/ 07 (05 jours)	43,5°C	du 31/07 au 07 /08 (8 jours)	41,5°C
Haut plateaux El Bayadh	du 03/08 au 09/08 (7 jours)	38,6°C	Du 13/07 au 16/07 (4 jours)	38°C	du 27/07 au 02/08 (7 jours)	37,8°C
Nord ouest Béchar	du 4/08 au 07/08 (5 jours)	44,6°C	Du 7/07 au 14/07 (8 jours)	44°C	du 8/08 au 18/08(11 jours)	42,8°C
Le grand sud In Salah	du 28/07 au 02/08 (6 jours)	48,8°C	Du 9/07 au 15/07 (7 jours)	48,8°C	Du 15/08 au 25/08 (11 jours)	47°C

Suite à une Analyse de l'évolution de la température moyenne estivale calculée à partir des 38 stations en Algérie. On a observé que l'été de l'année 2012 est tout à fait exceptionnel. Il est le plus important depuis 1988 par sa durée, suivie de l'année 2009, puis des années 1999 et 1994.

3. Analyse des journées chaudes sur quelques stations

Le tableau 1 correspond aux années 1999, 2009 et 2012 indiquent les journées au cours desquelles les températures ont atteint ou dépassé la valeur de 35° sur au moins deux journées consécutives. Si l'on caractérise par « épisode de très forte chaleur » les périodes sur lesquelles ces conditions météorologiques sont remplies sur une zone étendue, donc sur plusieurs régions, nous pouvons identifier les épisodes suivants pour les trois canicules historiques les plus récentes dans les villes représentatives de ces régions :

Le tableau 1 permet de constater que toutes les zones ont subi un réchauffement généralisé se situant entre 38°C (nord) et 48,8°C (sud). Alors que le réchauffement des températures dans le nord ouest et le grand Sud a été progressif au courant des trois épisodes, celui du Nord s'est traduit d'abord par une hausse au courant de première période et ensuite par une légère baisse (entre la deuxième et le troisième épisode. L'augmentation de la température a aussi été beaucoup plus marquée dans le Sud (48,8 °C), surpassant le nord.

4. Aspect climatique des vagues de chaleur Août 2012

La figure 3 montre que les excédents des écarts de la température maximale journalière par apport à la normale pour l'année 2012 sont plus élevés dans la région de Nord vers 4°C, par contre pour les régions de Sahara au dessous de 2°C.

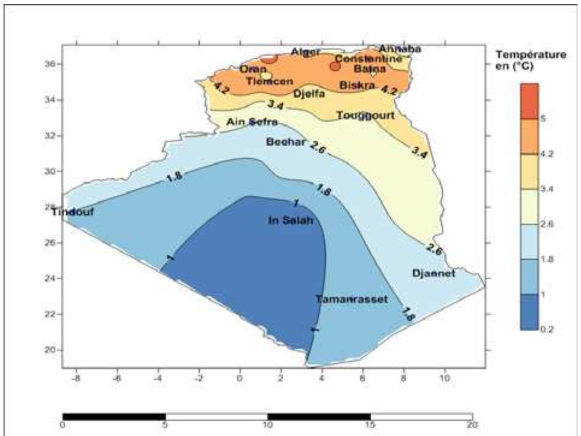


Figure 3. Distribution Spatiale des écarts à la normale (Août 2012)

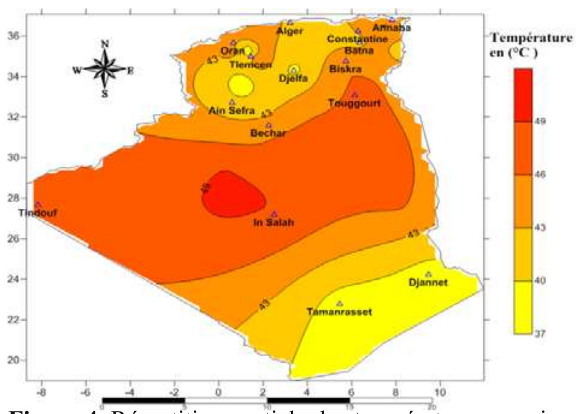


Figure 4. Répartition spatiale des températures maximales absolues du mois d'Août 2012

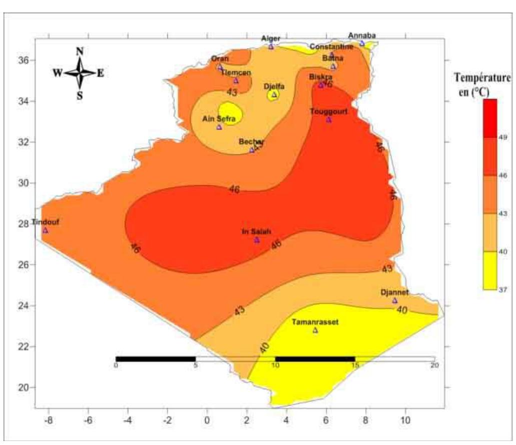


Figure 5. Répartition spatiale des températures maximales absolues du mois de juillet 2009

5. Analyse synoptique et climatologiques des décades

Au cours des vagues de chaleur de Juillet 2009 et Août 2012, la température maximale absolue se rencontre un peu par tout sur toute la région d'étude et plus particulièrement à l'intérieur du pays, (figures 4 et 5).

On a enregistré durant se mois des maximums importants, les plus hautes températures sont observées à la station d'In Salah. On relève dans les stations d'altitude faible comme Bejaïa, Annaba, Oran les températures maximales absolus (Txa) sont inferieurs à 40°C.

6. L'évolution du nombre de nuit tropicale Tn> 20

En considérant la figure 6 qui montre l'évolution des températures minimales à la station d'Oran, on observe que dans les années 1953 à 1984, il y avait en moyenne deux années sur quatre, le nombre de jours où la température minimale est supérieur à 20°C ne dépasse pas les 25 jours par an. Depuis les années 1985, seulement deux années 1992 et 1996 qui ont enregistrées 23 et 24 jours. Ce qui est intéressant, cependant, c'est lorsque l'on regarde la figure 6, où l'on voit que le nombre de jours par année qui atteignent ou dépassent 20°C n'augmente pas de manière significative ; au contraire, depuis les années 1950, on assiste à une série de cycle d'années qui deviennent successivement plus chaudes avant de chuter vers des conditions moins chaudes, comme les périodes 1967-1976 ou 1988-1994, par exemple. On pourrait donc se trouver actuellement dans un tel cycle, où le nombre de jours dépassant les 20°C était plus important en 2003 qu'en 2004, en 2012 qu'en 2013. Toujours est-il que le nombre des nuits tropicales n'a jamais dépassé 65 par année depuis 1950.

7. L'évolution du nombre de jours Tx > 35

L'été 2009 est le plus chaud jamais observé depuis 1950 à la station d'Oran suivi de l'année 1994 (figure 7) pour le trimestre estival Juin-Juillet-Août. Les journées de forte chaleur (température maximale supérieure à 35°C) s'échelonnent en moyenne entre 2 et 18 jours.

La figure (8) montre que le nombre de jours consécutifs où la température maximale est supérieure à 30°C et 35°C à la station d'Oran a augmenté considérablement ces dernières années, avec 58 jours en

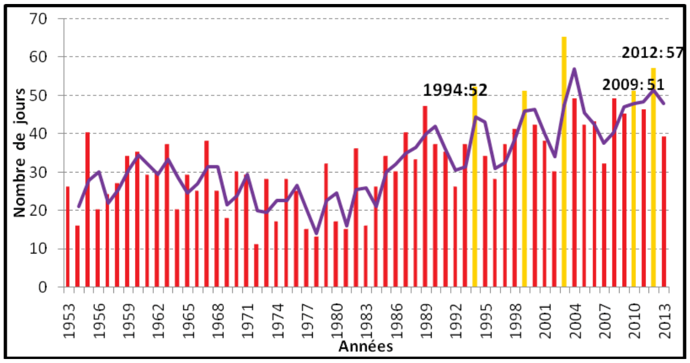


Figure 6 : Nombre de jours ou la température minimale est supérieure à 20°C (Nuits tropicales) station d'Oran (1953-2013)

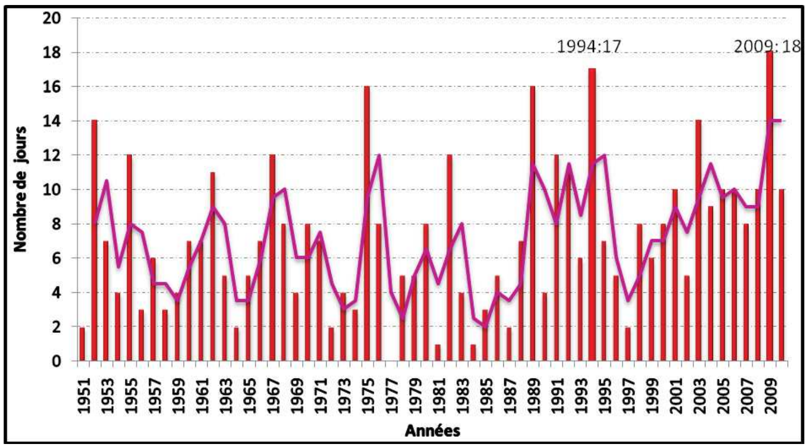


Figure 7: Nombre de jours où la température maximale est supérieure à 35 °C pour juin, juillet et août à la station d'Oran (1953-2010)

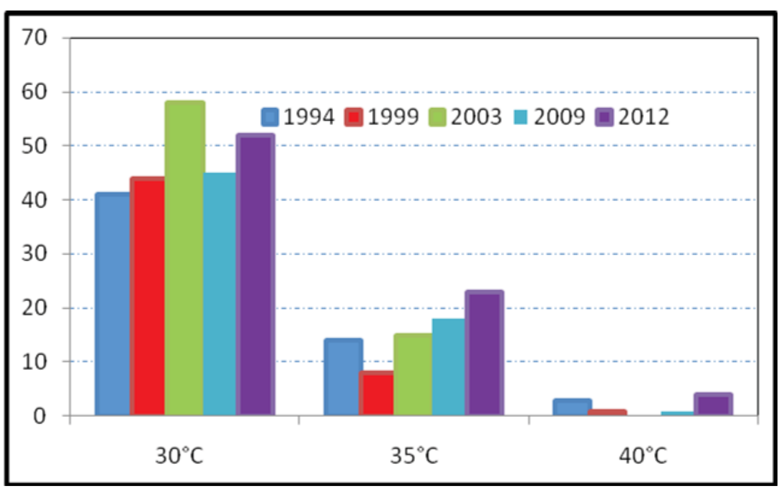


Figure 8: Nombre de jours consécutifs ou la température maximale supérieure ou égale à 30°C, 35°C et 40°C pendant les périodes estivales à la station d'Oran

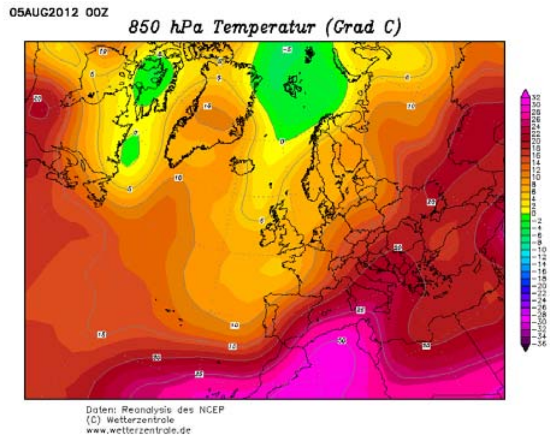


Figure 09 - Champs de température Analysés à 850 hPa, le 5 août 2012

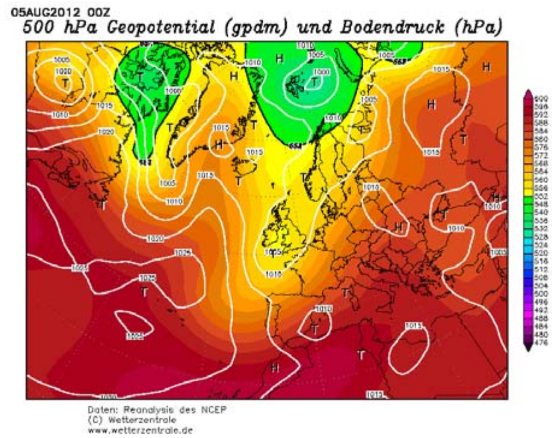


Figure 10 : Masse d'air à 850 hpa (environ 1550 m) 05 août 2012

2003, 52 jours en 2012 et 44 jours en 2009 pour le seuil de 30°C. La même tendance est observée pour le seuil de 35°C.

8. Les facteurs responsables des épisodes de forte chaleur estivale

La vague de chaleur était la conséquence directe de l'installation d'un puissant anticyclone à une solide crête de hautes pressions (figure 9,10). Cette situation a été caractérisée par un couloir dépressionnaire s'étendant du Sahara vers le nord du pays sous forme d'une cloche qui a provoqué la situation de blocage.

En altitude (500 Hpa) : Cette période a été caractérisée par des hautes valeurs centrées sur l'Afrique et le nord du pays (592Hpa) avec un régime de Sud-ouest vers l'intérieur. Cette canicule s'explique par la remontée d'air très chaud issu du Sahara, une situation qui se reproduit fréquemment depuis le milieu du mois de mai de l'année.

Conclusion

À partir des données moyennes estivales calculées des 38 stations, une analyse a été effectuée sur la période 1988-2013. L'évolution des moyennes estivales (du juin à août) des températures maximales a montré nettement la tendance à la hausse .Cette étude a permis de mettre en exergue les principales vagues de chaleur qui ont sévi sur l'Algérie depuis l'année 1988. Les dernières remontent à juillet 2009 et Aout 2012.

Au cours des vagues de chaleur de Juillet 2009 et Août 2012, la température maximale absolue se rencontre un peu par tout sur toute la région d'étude et plus particulièrement à l'intérieur du pays, les plus hautes températures sont observées à la station d'In Salah. On relève dans les stations d'altitude faible comme Annaba et Oran, les températures maximales absolues sont inferieurs à 40°C.

Bibliographie

Seguin B, 2004 : Canicule et sécheresse, quels enseignements ? .INRA mai 2004, N°6, p 6-9

Bessemoulin P., Bourdette N, Coutier PH, Manach J, 2004 : La canicule d'août 2003 en France et en Europe. La Météorologie, N° 46, août 2004, pp. 25-33.

Kadik.B. 2008 : Le changement climatique : nécessité d'une stratégie d'adaptation. Article parue dans le journal El Waten du lundi 12 mai 2008.pp22

Naveau P. Méthodes Statistiques pour l'Analyse des Extrêmes Climatiques, Résumé des actes du colloque de l'Académie des sciences « Ecosystèmes et Evénements Climatiques Extrêmes », les 4, 5 et 6 juillet 2007 Paris.

Vandiepenbeeck.M.2003 : Vague de chaleur et jours de canicule.

http://www.meteo.be/francais/pages/Klimatologisch/caniculus_fr.ht

Les figures (9, 10) : source http://www.wetterzentale.de

Circulations atmosphériques de grande échelle associées aux extrêmes de température (canicules,nuits chaudes et vagues de chaleur) sur l'Algérie

H. Abane[1], F. Abane[1], S. Boucherit[1], L. Bakhti[1]

1. Institut Hydrométéorologique de Formation et de Recherches.

Résumé

Le but de cet article est de répondre au questionnement scientifique suivant : les régimes de circulations à grande échelle constituent-ils une bonne approche pour appréhender l'étude des canicules et vagues de chaleur sur l'Algérie? Autrement dit : nous cherchions à savoir si à un signal de grande échelle spatiale correspondait une réponse à l'échelle locale.

Les situations de grande échelle ont été obtenues à partir des champs de réanalyses ERA intérim fournies par l'European Centre of Medium Range Weather Forecasts (ECMWF). Les données ERA intérim sont accessibles via le site: http://www.ecmwf.int/products/data/archive/descriptions/e4/index.html.

Les données observées des températures maximales proviennent du Centre Climatologique National de l'Office National de la Météorologie (Algérie).

Quatre types de temps définis par des conditions barométriques redondantes ont été identifiés. Les régimes de temps associés aux évènements extrêmes étudiés ont été établis en utilisant une analyse composite. Ces derniers mettent en évidence des interactions entre les extrêmes climatiques et la circulation atmosphérique de grande échelle.

Mots clés : circulations atmosphériques de grande échelle, canicules, vagues de chaleur, nuits chaudes, types de temps.

Large-scale atmospheric circulation associated with extremes of temperature (heat waves, hot nights and heat waves) on Algeria

Abstract

The purpose of this article is to answer the following scientific question: are large-scale circulations a good approach to grasp the heat waves study about Algeria? In other words, we were trying to find out if a large spatial signal corresponded to a local response.

Large scale situations have been obtained from the ERA Interim Reanalysis fields provided by the European Centre of Medium Range Weather Forecasts (ECMWF). The interim ERA data can be accessed via the website: http://www.ecmwf.int/products/data/archive/descriptions/e4/index.html.

The observed maximum temperature data comes from the National Climate Center of the National Office of Meteorology (Algeria).

Four types of time are defined by redundant barometric conditions were identified. The weather patterns associated with the extreme events studied were established using a composite analysis. The latter reveal interactions between climate extremes and large scale atmospheric circulation.

Keywords: *large-scale atmospheric circulation, heat waves, hot nights, types of weatherAbstract*

Auteur correspondant

H. Abane

1. Détermination des régimes de temps:

La matrice de données issue des ré-analyse ERA-intérim qui représente les données de la pression réduite au niveau de la mer s'échelonnant de Juin – Juillet et Aout de 1979 à 2015 soit 3404 jours a été compressée par une analyse en composantes principales ACP (Von stock 1999) en 11 composantes principales permettant de représenter 90% de la variance totale. L'ACP permet de filtrer la variabilité de la fine échelle pouvant influencer la circulation de grande échelle.

Les 11 composantes principales sont à leur tour soumises à la méthode des Nuées dynamiques afin d'en extraire les classes représentant les types de temps. la méthode de nuées dynamiques est très utilisée comme moyen statistique de classification du fait de sa simplicité de mise en œuvre ; elle procède à une distribution des données en un nombre de classes défini par l'utilisateur de telle façon que les objets appartenant à la même classes sont aussi proches que possible entre eux et aussi loin des objets des autres classes .

Dans un premier temps, on examine les changements moyens de pression réduite au niveau de la mer sur la zone Nord-Atlantique (Figure 1.1).

Ensuite, on décrit les conditions synoptiques véhiculées par chaque type de temps, les anomalies associées à chaque type de temps sont également exposées.

Ainsi en été, les changements moyens de PSL sont en général caractérisés par une vaste cellule anticyclonique centrée sur l'Atlantique entre 28 et 42 °N, cette anticyclone se prolonge vers l'Europe dans le sens de diminution de la pression, l'ensemble de l'Europe et le bassin méditerranéen observe des conditions faiblement dépressionnaires générant un flux du Nord-est.

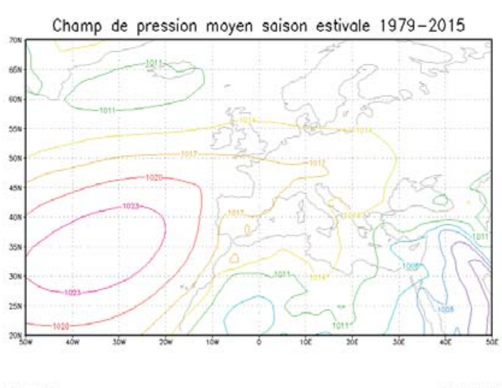
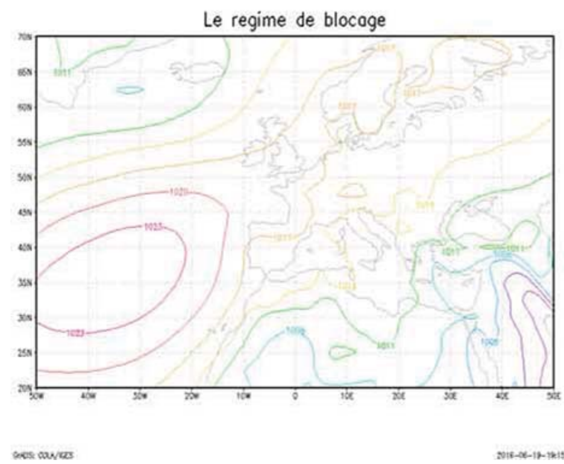


Figure 1.1 : Le champ de pressions moyen

Régime de blocage:

Ce régime est caractérisé par une anomalie positive de pression sur l'Europe continentale, le flux perturbé atlantique étant rejeté sur le bassin atlantique nord-est

Les fortes anomalies positives sur le nord de l'Europe limitent la pénétration de l'air marin véhiculé par le flux d'ouest sur le nord de l'Europe, y est froid et très sec sur l'Europe. Ce type de temps est nommé « Blocage»



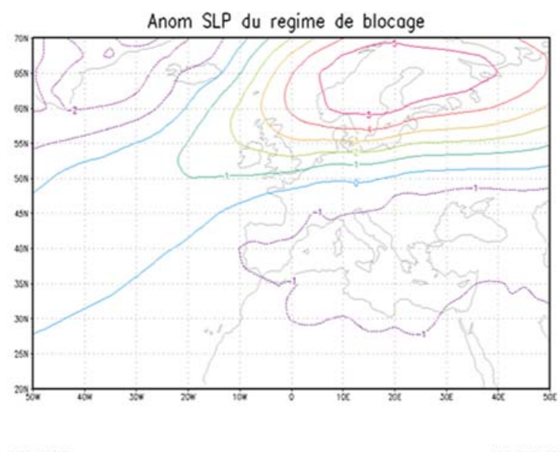


Figure 1.2 : Le champ de pressions moyen correspondant au régime de blocage 24,97%

Régime de NAO-:

Une anomalie négative s'étend des Açores au bassin méditerranéen occidental, tandis qu'une anomalie positive s'étire du Groenland à la mer du Nord.

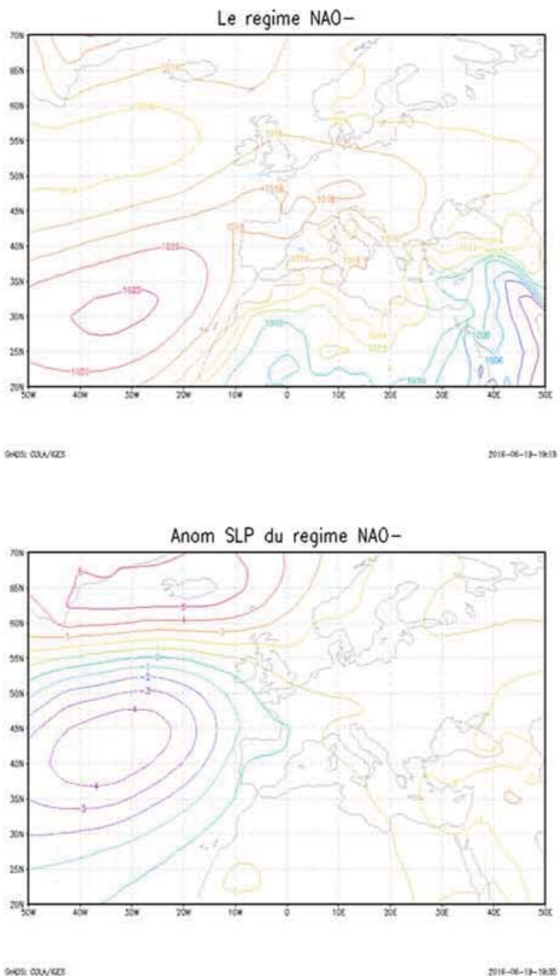


Figure 1.3 : Le champ de pressions moyen correspondant au régime de NAO-24,65%

Régime de dorsale Atlantique AR (Atlantique Ridge)

Le régime de dorsale Atlantique s'identifie par un gonflement de l'Anticyclone des Açores recouvrant tout le bassin Méditerranéen, la zone de haute pression subtropicale est rejetée plus au Nord laissant place à l'air froid cyclonique d'origine polaire qui s'enfonce vers l'Europe centrale.

Cette configuration installe un temps sec sur l'Europe occidentale s'humidifiant en direction de l'Europe centrale.

Les anomalies associées à l'Atlantique Ridge sont

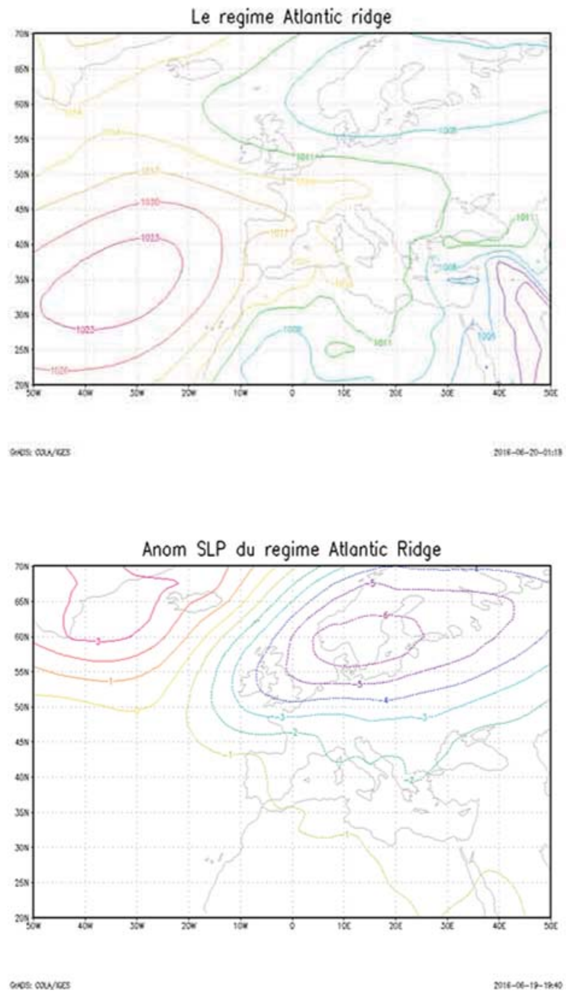


Figure 1.4: Le champ de pressions moyen correspondant à Atlantique Ridge18,98%

humides et relativement chaudes au nord et sèches et relativement froides au sud, en particulier sur la péninsule ibérique.

Régime NAO+

Ce régime de temps se présente par des anomalies positives de pression mer aux latitudes subtropicales s'étendant jusqu'à 45°N ; alors qu'une anomalie négative est repérée sur les parties plus au Nord. Ceci correspond à un renforcement de l'Anticyclone des Açores accompagné d'un flux zonal d'ouest sur le bassin atlantique et l'Europe de l'ouest.

Le type NAO+ est associé à un vaste anticyclone centré sur le proche Atlantique et s'étendant jusqu'à l'Europe centrale favorisant un flux général d'ouest. La dépression d'Islande se trouve décalée très au Nord, les pluies fréquentes sur l'Europe du Nord et un temps sec sur le bassin Méditerranéen sont les

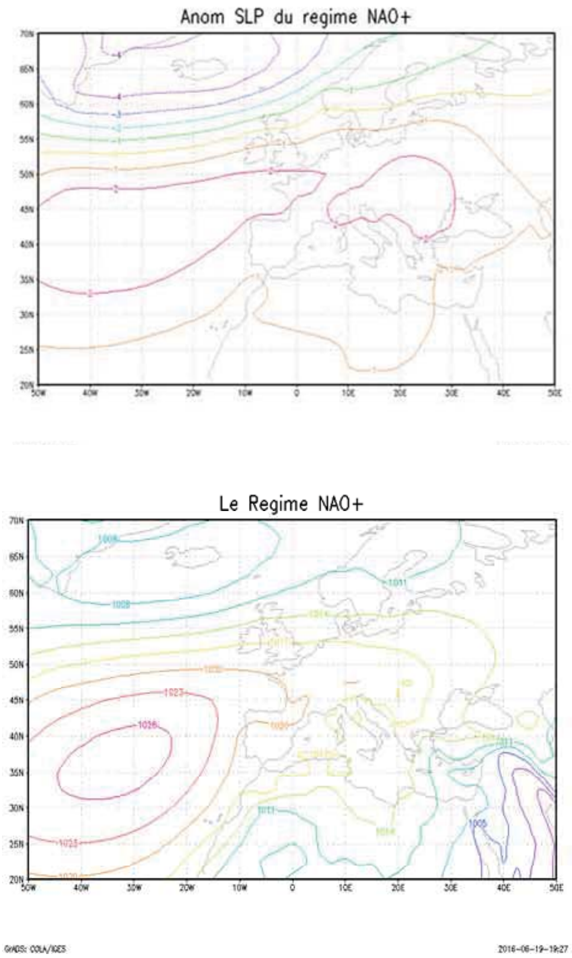


Figure 1.5: Le champ de pressions moyen correspondant à Atlantique Ridge 31,40%

caractéristiques météorologiques connues de ce type de temps témoignant aussi d'un déplacement vers le Nord des routes dépressionnaires.

2. LES EXTREMES DES TEMPERATURES

La méthodologie ci-dessous est généralisée à l'ensemble des stations d'observation disponibles. Les variables analysées comprennent la température journalière maximale, la température journalière minimale. Nous rappelons que seule la saison estivale est considérée dans la discussion des journées chaudes, vagues de chaleur et les nuits chaudes. Les résultats sont présentés sous forme de cartes composites et leurs anomalies.

Cartes composites des situations synoptiques expliquant les évènements extrêmes de température : journées caniculaires

Le percentile 95 a été retenu pour définir les journées caniculaires sur les séries journalières de températures maximales estivales (celles observées au cours de la période juin, juillet et Aout) des stations retenues sur la période de 1979-2010. .

Le tableau suivant donne les valeurs des 95 percentiles des différentes villes considérées

Tableau 2.1 : Percentile 95 de chaque station utilisée dans l'étude. Le percentile est calculé sur les données journalières de tous les jours estivaux de chaque année, entre 1979 et 2010.

Station	Oran	Annaba	Constantine
P 95	36,6	41,6	40,2
Station	DEB	Mascara	Meliana
P 95	37,3	41,13	39,3

a. Le littoral:

Les journées caniculaires sur le littoral Algérien sont donc caractérisées par une situation synoptique définie par une zone anticyclonique sur le proche Atlantique qui voit son influence jusqu'aux côtés ouest portugaises et françaises. Des conditions faiblement dépressionnaires sont observées sur une très bonne partie de l'Europe et le bassin Méditerranéen oriental, Alors que la Méditerranée occidentale se trouve sous l'influence de conditions moyennes normales de pression moyenne proche de 1015 hpa avec un flux de nord-est.

Les cartes des anomalies (Figure 2.1) confirment que les journées caniculaires sur le littoral sont associées à des anomalies faiblement positives sur la Méditerranée occidentale et négative sur l'océan Atlantique et l'Europe du nord. On note un gradient barométrique marqué sur le littoral centre du pays.

On observe également un gradient barométrique moyen accentuée entre le Portugal et l'Italie de telle façon qu'on passe des anomalies négatives aux anomalies positives, ceci semble être en liaison avec l'installation des journées caniculaires sur les régions côtières et proches côtières du pays plus particulièrement les côtes centres, le rôle de l'oscillation OMO n'est donc probablement pas négligeable.

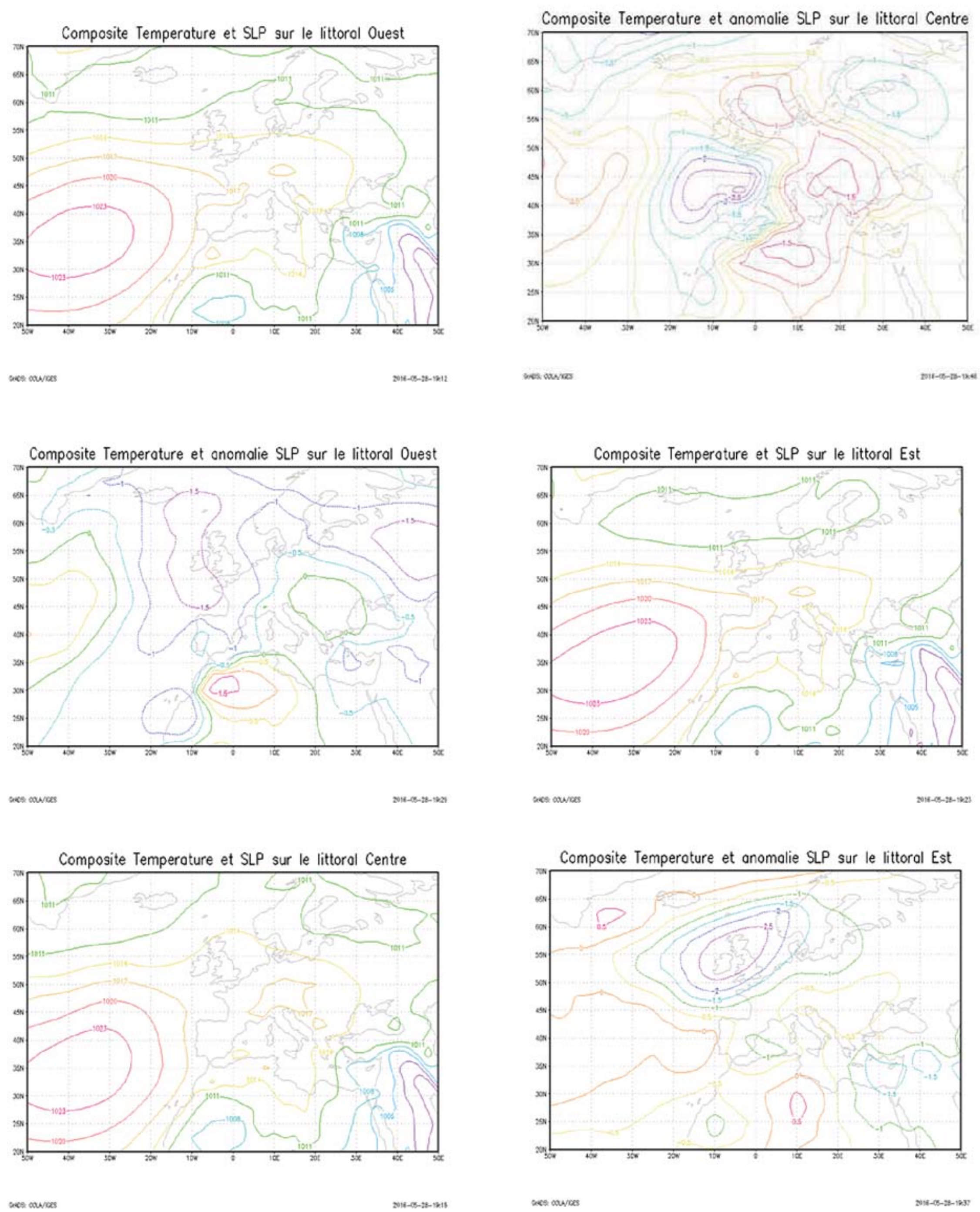
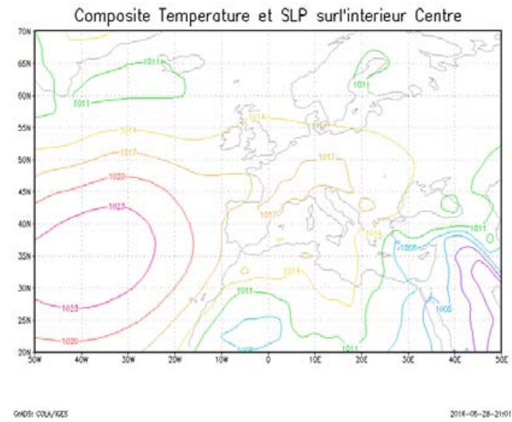


Figure 2.1 : Cartes composites entre SLP et les journées caniculaires sur le littoral

b. Les régions de l'intérieur:

Les caractéristiques météorologiques mises en évidence avec les composites du champ de pression mer et les journées caniculaires sur l'intérieur du pays confirment que les évènements représentant des journées caniculaires sont caractérisés par un flux de nord-est tandis que la situation synoptique moyenne montre toujours une dépression de faible activité sur la Méditerranée occidentale. Ces cartes (figure 2.2) ne montre pas de différences significatives avec celles observées sur le littoral du pays ni sur le champ composite ni sur les anomalies qui restent faiblement positives marquant un gradient barométrique plus accentuée sur le centre et l'ouest qu'à l'est.



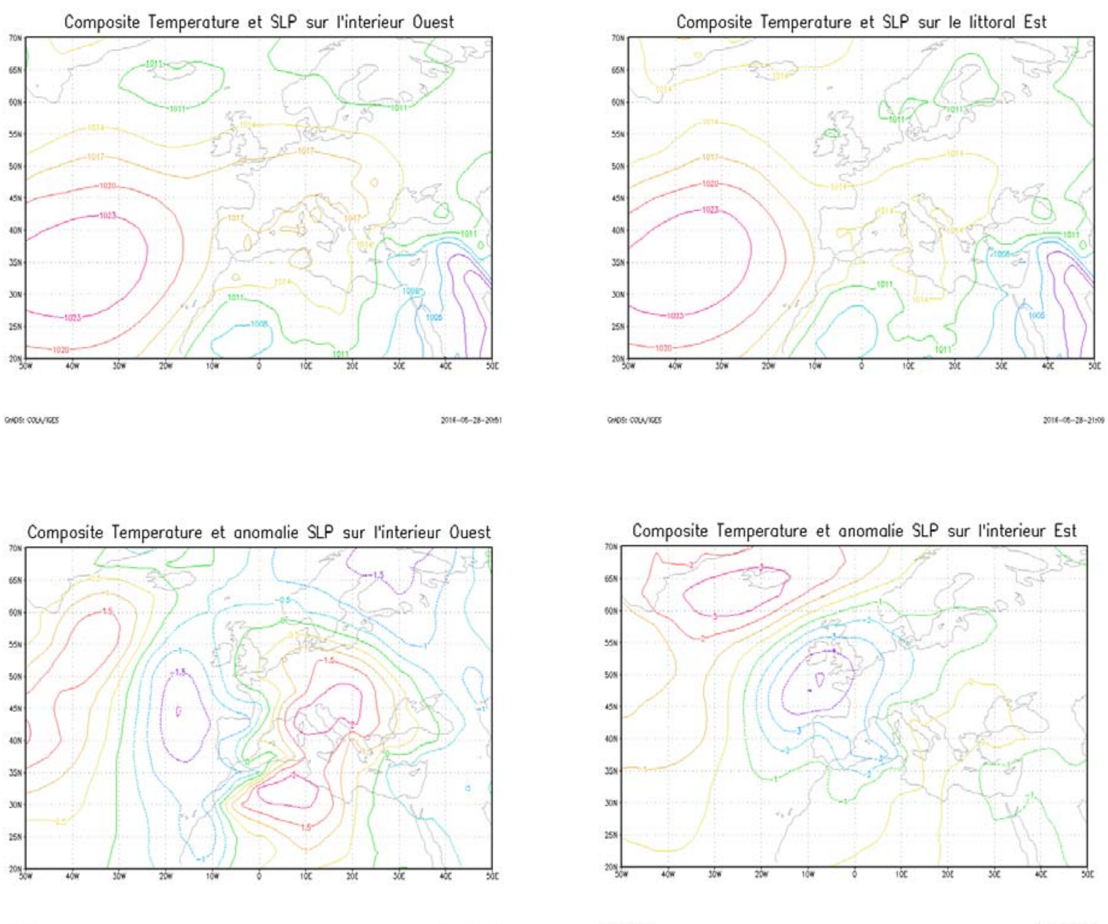


Figure 2.2 : Cartes composites entre SLP et les extrêmes de température : journées caniculaires sur l'intérieur

Relations statistiques entre la circulation de grande échelle et les journées caniculaires sur le nord du pays :

Les types de temps et les situations synoptiques illustrant les journées caniculaires sont maintenant connues, il est nécessaire d'observer d'éventuelles relations entre eux. Pour cela nous allons voir les résultats des relations statistiques dans le tableau ci-après:

Le tableau 2.2 montre les liens entre types de temps en Atlantique Nord et les journées caniculaires avec les valeurs en gras significatives au niveau de signification alpha=0,05.

	Blocage	NAO-	Atlantic Ridge	NAO+
Le littoral ouest	-0.308	0.344	0.256	0.295
Le littoral centre	-0,017	-0.165	-0.180	0.307
Le littoral Est	-0.345	-0.144	0.573	-0.118
L'intérieur ouest	-0.394	-0.116	0.286	0.170
L'intérieur centre	-0.061	-0.080	0.097	0.024
L'intérieur Est	-0.185	0.281	0.580	-0.590

En ne gardant que les valeurs les plus importantes, Trois corrélations ressortent (tableau 2.2). La corrélation entre le type de temps Atlantic Ridge et les journées caniculaires sur les régions Est aussi bien littorales qu'intérieures qui sont corrélés positivement à respectivement 0.573 et 0.580, la corrélation entre le type de temps NAO+ et les journées caniculaires dans les zones intérieures Est du pays est négative à -0.590. Cependant, il est important de souligner que la majorité des types de temps et les journées caniculaires sont corrélées entre eux, mais de façons plus ou moins significatives.

On signale qu'un même type de temps à l'origine des journées caniculaires sur une région donnée, peut ne pas installer un temps caniculaire sur une autre région du pays, c'est le cas par exemple du type NAO+ pouvant donner lieu à des journées caniculaires sur l'ouest du pays alors qu'il favorise un temps doux sur l'Est du pays.

Donc pour les besoins de notre étude, nous ne traiterons que corrélations les plus significatives. Pour ces relations, on constate que plus la situation synoptique se rapproche du type de temps Atlantic Ridge, la probabilité d'observer une journée caniculaire sur l'Est du pays augmente, plus le type de temps est de type NAO+, les températures seront douces sur l'Est, alors que le type de temps NAO- conditionne plutôt des températures douces sur l'ensemble du nord du pays.

Cartes composites des situations synoptiques expliquant les vagues de chaleur:

On définit une vague de chaleur comme le nombre de jours appartenant à une succession d'un minimum de 3jours avec une température maximale dépassant le 90ème percentile

Le tableau 2.3 donne les valeurs des 90 percentiles des différentes stations

Station	Oran	Annaba	Constan-tine	DEB	Mascara	Meliana
P 90	34.61	40,2	39	35,4	39.8	38.1

On représente ci- après les cartes composites des vagues de chaleur et le champ de pression mer pour les différentes régions du nord du pays représentées par certaines stations comme précisé plus haut, leurs anomalies sont également exposées.

a. Le littoral :

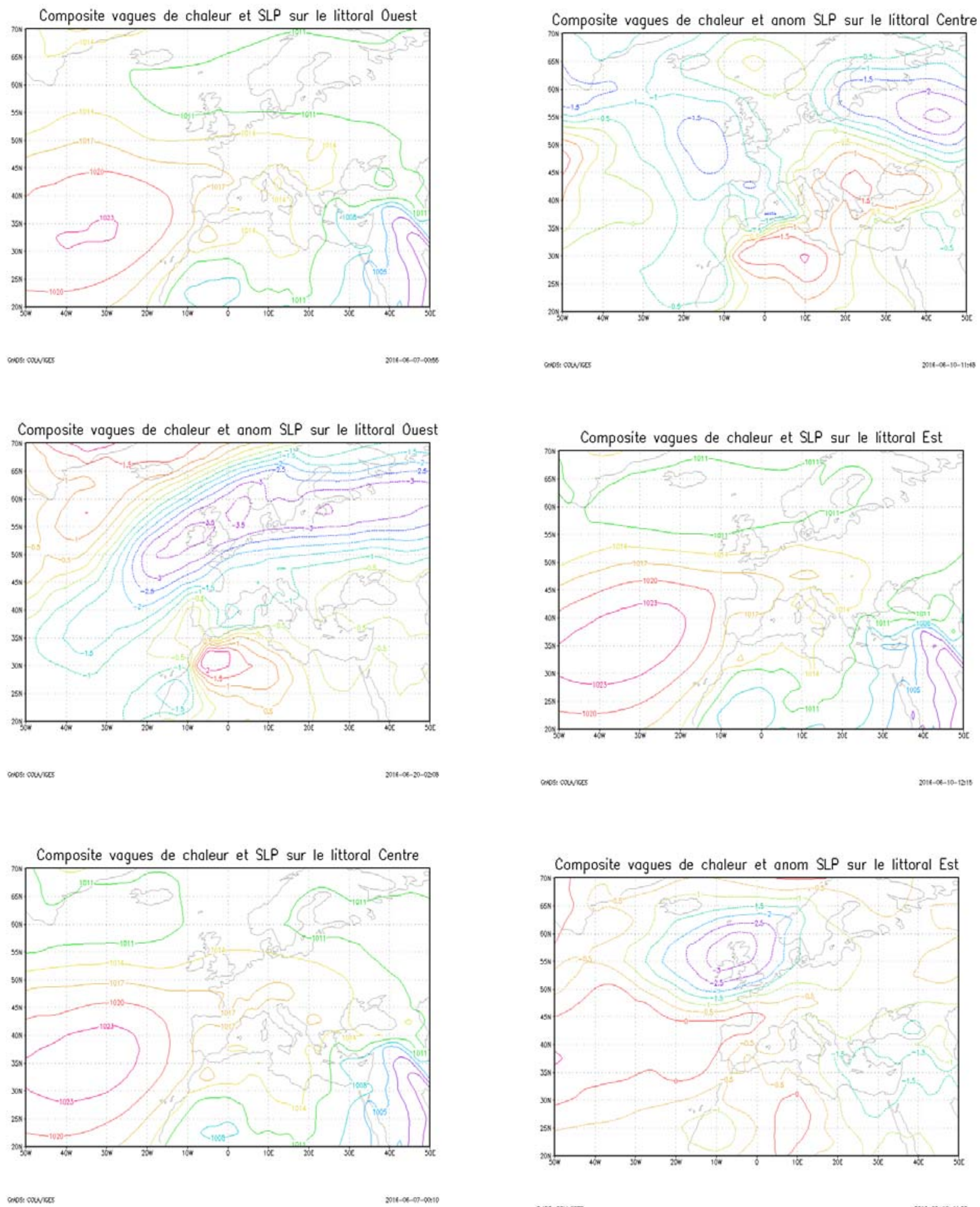


Figure 2.3 : Cartes composites entre SLP et les extrêmes de température : vagues de chaleur sur le littoral

a. L'intérieur:

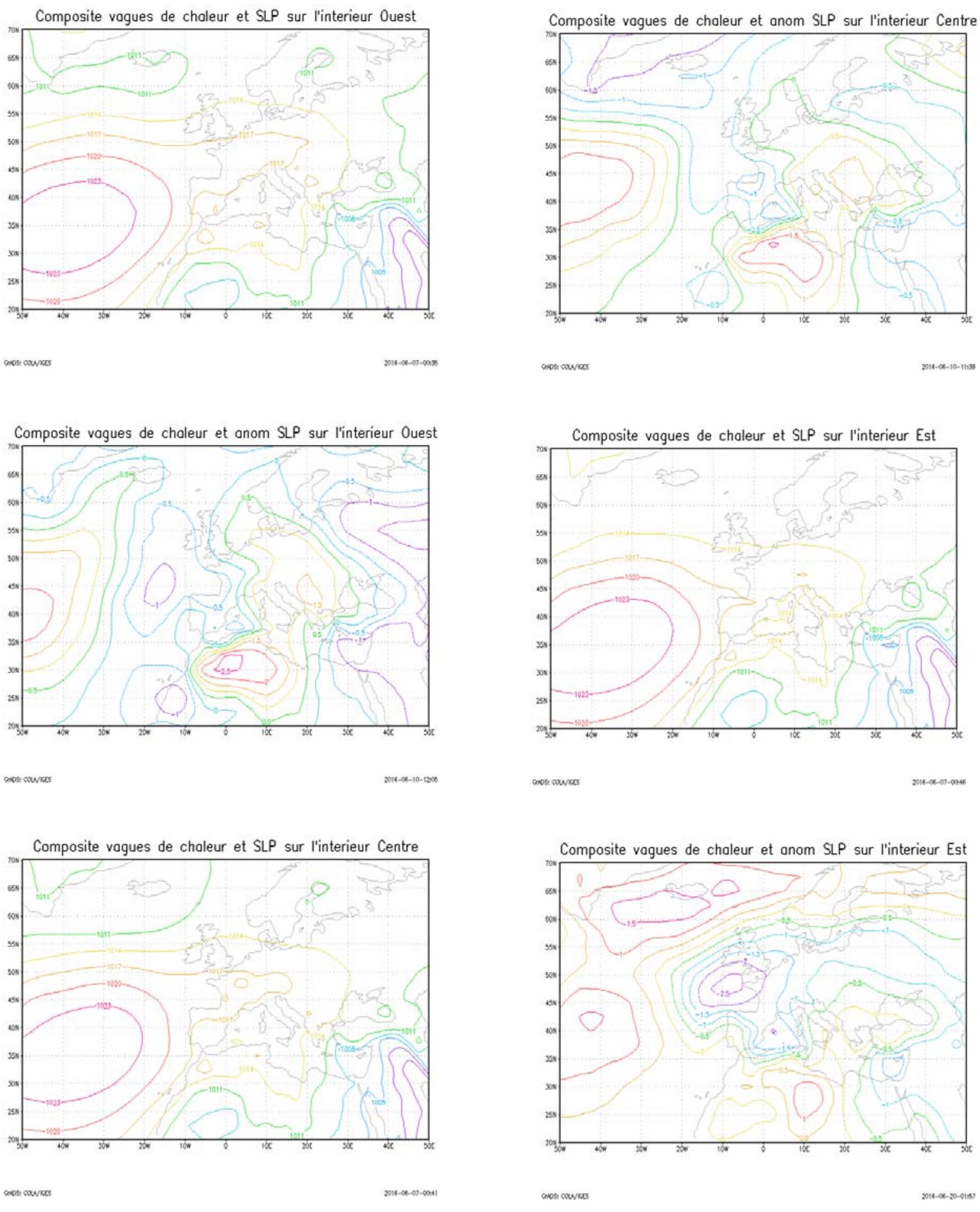


Figure 2.4 : Cartes composites entre SLP et les extrêmes de température : vagues de chaleur sur l'intérieur

En effet, si on regarde les structures synoptiques moyennes représentant les vagues de chaleur sur le Nord du pays (Figure 2.4.), on remarque que les vagues de chaleur se produisent sous l'influence d'une très petite dépression voir des conditions moyennes normales de pression, la valeur de la pression moyenne est comprise entre 1014 et 1017 hPa, le flux ainsi généré est de secteur nord-est. Les anomalies (figure 2.4) de ces évènements mettent en évidence que ces évènements sont associés aux situations marquées par un gradient barométrique très important sur le Nord du pays s'étendant du littoral et voit son influence jusqu'aux régions intérieures. Nous avons également remarqué que, lors des épisodes de vagues de chaleur une transition entre anomalies négatives sur les côtes devenant positive vers l'intérieur.

La comparaison entre les stations examinées révèle une excellente ressemblance et concordance. Il est donc clair que les conditions générant les vagues de chaleur sont reproduites de la même façon sur l'ensemble des régions. Une petite exception est faite sur les anomalies du littoral Est pour les quelles le gradient barométrique est moins accentué avec des valeurs faiblement positives, la zone d'anomalies négatives est rejetée vers l'Europe du Nord.

Relations statistiques entre la circulation de grande échelle et les vagues de chaleur :

Pour rechercher une relation statistique entre les types de temps et les conditions météorologiques favorables à l'installation des vagues de chaleur, il est important d'examiner les relations qui les lient. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau 2.4 : Les corrélations, à partir des données d'anomalies, entre les types de tempset les vagues de chaleur ; Les valeurs en gras sont significatives au niveau designification alpha=0,05

	Blocage	NAO-	Atlantic Ridge	NAO+
Le littoral ouest	-0.631	0.294	0.778	-0.391
Le littoral centre	-0.238	-0.150	0.032	0.294
Le littoral Est	-0.166	-0.441	0.329	0.176
L'intérieur ouest	-0.086	-0.352	0.083	0.267
L'intérieur centre	0.104	-0.681	-0.212	0.624
L'intérieur Est	0.053	0.005	0.452	-0.470

La corrélation négative entre le type de temps de blocage et les vagues de chaleur sur le littoral et les régions de l'intérieur ouest montre que ces deux éléments varient de façon opposés (Tableau 2.4).

On peut donc émettre la conclusion suivante : plus la configuration atmosphérique ressemble au type de temps blocage, moins les vagues de chaleur sont présentes, ceci est particulièrement vrai pour le littoral ouest. De même que pour le type de temps 2 (NAO-), plus la configuration atmosphérique est proche du type de temps NAO-, moins les vagues de chaleurs sont observées sur le littoral centre et Est et l'intérieur centre et ouest, avec une augmentation de probabilité pour les régions intérieures centres. A l'opposer, la forte corrélation positive entre le type de temps Atlantic Ridge et les vague de chaleur sur le littoral ouest, démontre le fort lien entre ces deux phénomènes. Plus la configuration atmosphérique est de la forme Atlantic ridge, plus les vagues de chaleurs sont observées sur le littoral ouest, d'une façon mois importante sur l'intérieur Est.

On signale ainsi la forte liaison positive entre le régime NAO+ et les vagues de chaleur sur l'intérieur centre, alors que les températures sont beaucoup plus douces sur le littoral ouest et l'intérieure Est.

On peut donc en conclure que l'installation de vagues de chaleur sur l'ensemble du nord du pays est fortement influencée par les grands types de temps. C'est-à-dire que la configuration des flux d'air venant de l'océan atlantique influence fortement leurs répartitions. Cependant pour certains d'autres, le manque de significativité de leurs relations statistiques avec les grands types de temps démontre que dans ces configurations de vagues de chaleur, les grands types de temps ne sont pas les facteurs principaux. Il y a donc d'autres phénomènes influençant leurs installations.

Cartes composites des situations synoptiques expliquant les nuits chaudes

On définit une nuit chaude comme une nuit dont la température minimale dépasse le 95èmepercentile. Le tableau 5.4 donne les valeurs des 95 percentiles des différentes stations

Tableau (2.5) : Percentile 90 de chaque station utilisée dans l'étude le percentile est réalisé sur les données journalières de tous les jours estivaux de chaque année, entre 1979 et 2010.

Miliana	Mascara	DEB	Constan-tine	Annaba	Oran	Station
27.2	22.93	23.6	22.7	28	23.4	P 95

On représente ci- après les cartes composites des températures minimales dépassant les 95ème percentile et le champ de pression mer pour les différentes régions du nord du pays représentées par certaines stations comme précisé plus haut, leurs anomalies sont également exposées.

a. Le littoral :

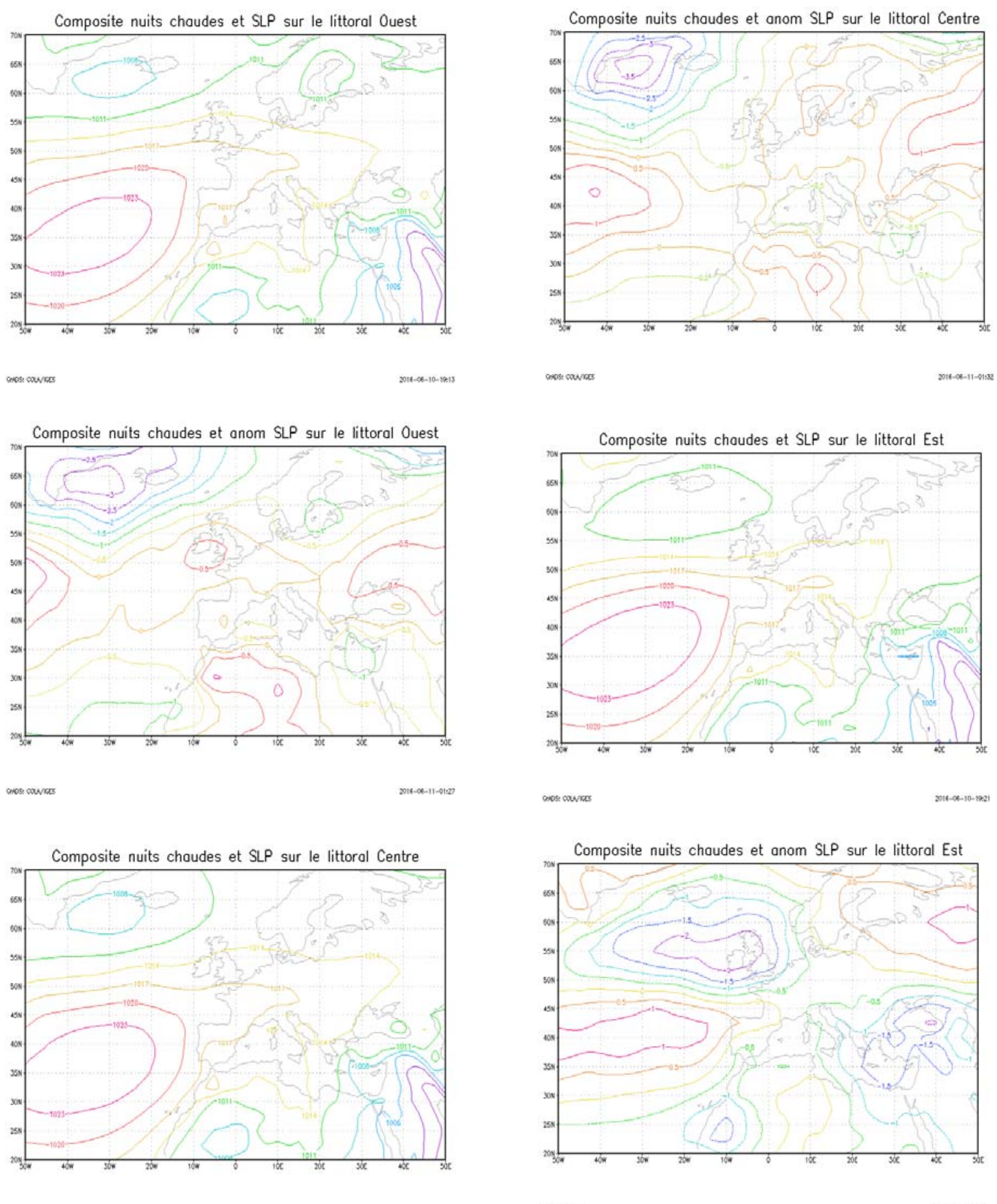


Figure (2.5) : Cartes composites entre SLP et les extrêmes de température : nuits chaudes sur le littoral

b. L’intérieur :

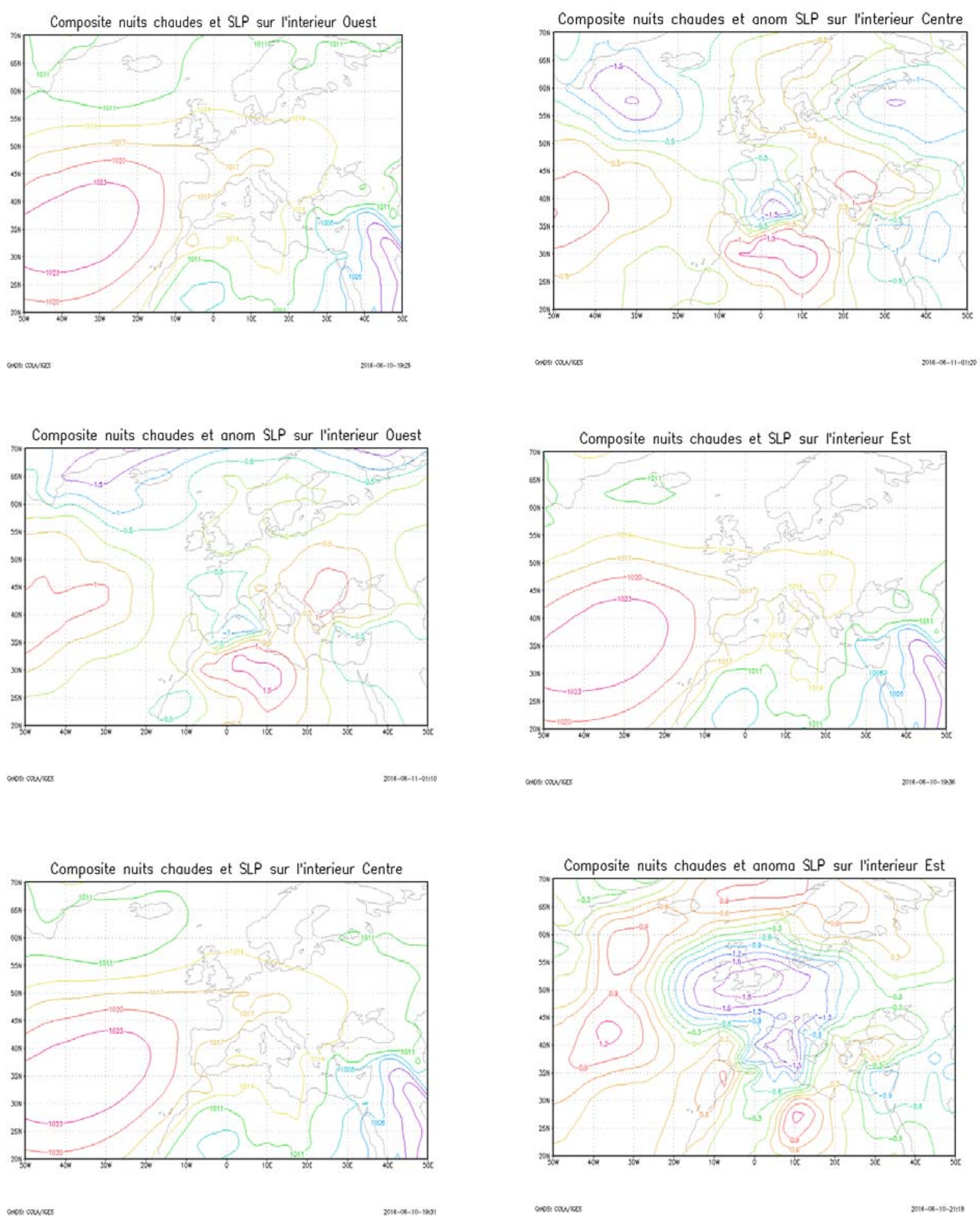


Figure (2.6) : Cartes composites entre SLP et les extrêmes de température : nuits chaudes sur l’intérieurs

La figure (2.6) présente les conditions liées aux évènements de nuits chaudes dans les différentes régions examinées. De même que pour les vagues de chaleur, la situation synoptique moyenne associée aux nuits chaudes indique une petite dépression localisée sur l'ensemble du pourtour méditerranéen avec un anticyclone en plein océan atlantique qui n'a pas changé de position d'une région à une autre.
Cette situation moyenne ainsi observable ne discrimine donc pas une différence synoptique de manifestations des nuits chaudes sur le Nord du pays.
Raisonnant par rapport aux anomalies, il apparait clairement que les nuits chaudes sur l'intérieur ouest et centre du pays sont associées à un gradient barométrique assez serré et fait toujours un passage des anomalies négatives sur le littoral à des anomalies positives en direction de l'intérieur. Pour l'Est du pays, des anomalies négatives de pression générant un gradient barométrique fort semblent être responsables d'installer des nuits chaudes. Alors que les régions du littoral sont plutôt caractérisées par des anomalies faiblement positives avec un gradient barométrique faible sur l'ouest et le centre, plus lâche sur l'Est.
Relations statistiques entre la circulation de grande échelle et les nuits chaudes :
L'objet de cette partie est d'apporter des éléments de réponse quant à la part des régimes de temps dans l'observation des nuits chaudes.
Nous discutons également l'intensité de la relation entre les types de temps et les situations synoptiques favorisant les nuits chaudes.

Tableau (2.6) : Les corrélations, à partir des données d'anomalies, entre les types de temps et les nuits chaudes (Les valeurs en gras sont significatives au niveau de signification alpha=0,05).

	Blocage	NAO-	Atlantic Ridge	NAO+
Le littoral ouest	0.003	-0.595	-0.388	0.811
Le littoral centre	0.275	-0.596	-0.569	0.741
Le littoral Est	0.290	-0.321	-0.089	0.071
L'intérieur ouest	-0.051	-0.590	-0.193	0.673
L'intérieur centre	0.013	-0.482	-0.160	0.451
L'intérieur Est	0.144	-0.166	0.280	-0.261

Il en ressort que les types de temps NAO-, Atlantic Ridge et NAO+ semblent être en liaison avec l'observation des nuits chaudes sur le nord du pays. Cependant, la comparaison de ces trois types de temps montre des différences significatives pour certaines régions, , mettant ainsi en évidence l'existence de liaisons négatives entre les types NAO- et Atlantic Ridge sur la majorité du nord Algérien autrement dit plus que les conditions synoptiques ressembles à ces deux régimes moins les nuits chaudes sont observées.

Les différences significatives observées concernent le type NAO + qui présente une corrélation positive significative très importante sur l'ensemble des régions Nord du pays à l'exception de l'intérieur Est.

Il serait donc intéressant de construire une idée qui attribue l'installation des nuits chaudes au régime NAO +.

Conclusions

Afin de caractériser les extrêmes climatiques par types de temps, une identification des circulations de grande échelle qui règnent sur l'Atlantique Nord en période estivale a été menée. Les configurationssynoptiques correspondantes aux phénomènes extrêmes ont été élaborées. Afin d'évaluer la relation statistique entre les types de temps ainsi identifiés et les situations représentant les extrêmes, le coefficient de corrélation linéaire a été calculé.

L'influence des régimes sur les conditions locales de température peut être résumée comme suit :

- Le régime zonal (NAO+) de la saison estivale est corrélé positivement aux régimes donnant les journées caniculaires à l'exception de la région Est où cette corrélation était négative.

Ce même régime de temps peur favoriser des vagues de chaleur sur le Nord du pays d'une façon plus importante sur l'intérieur centre, alors que le littoral Ouest et l'intérieur Est n'observent pas de vagues de chaleur lorsque le régime de temps s'apparente à du NAO +, les nuits chaudes sont fortement liées dans un sens positif à du NAO + à l'exception de l'intérieur Est.

Le régime zonal favorise l'apparition des phénomènes : vagues de chaleur, nuits chaudes et journées caniculaires, malgré que sa fréquence d'apparition ne dépasse pas 25%.

- L'Anticyclone du Groenland (NAO-) est relativement non responsable au cours de l'été des journées caniculaires et des vagues de chaleur sur le Nord du pays à l'exception des régions intérieures , la plus forte corrélation négative est observée sur le littoral Ouest autrement dit, le régime NAO – favorise des journées plutôt douces. Par contre une relation trop faible est observée entre la NAO – et les nuits chaudes sur l'ensemble du Nord du pays.

- Le Blocage est associé aux événements extrêmes sur toute la zone Nord du pays, il ne favorise pas ni des journées caniculaires, ni vagues de chaleur ni nuits chaudes.

- La Dorsale Atlantique s'est avérée comme le régime le plus favorable à l'installation des journées caniculaire et vagues de chaleur sur le littoral Ouest et Est et l'intérieur Est.

Références bibliographique :

Thèses et mémoires :

[1] FELLAHI Zakaria, Circulations atmosphériques de grande échelle en relations avec les précipitations intenses, IHFR juin 2015

[2] GOUBANOVA Katerina, Une étude des événements climatiques extrêmes sur l'Europe et le bassin Méditerranéen et de leur évolution futur université Paris6 2007

[3] TOMMY Klein., Comparaison des sécheresses estivales de 1976 et 2003 en Europe occidentale à l'aide d'indices climatiques.

[4] Julien BOE, Changement global et cycle hydrologique : Une ´étude de régionalisation sur la France, Paul Sabatier Novembre 2007

[5] QUENTIN DESCHAMPS, Conditions atmosphériques associées aux précipitations intenses du bassin méditerranéen, université de Bourgogne juin2011.

[6] ROUSSILLON FRANCK Lespinas., Impacts du changement climatique sur l'hydrologie des fleuves côtiers en région Languedoc université de perpignan 2008

[7] TAMARA Salameh, Modélisation multi-échelles de la circulation atmosphérique hivernale sur le bassin rôle des interactions d'échelle. Septembre 2008

[8] BOULARD Damien, Modes de variabilité des températures de surface océanique du bassin méditerranéen (1989-2008).Université de la Bourgogne Septembre 2010.

Articles et rapports:

[9] Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à l'évaluation et la réduction des risques menaçant les éléments de la diversité biologique en Algérie bilans des experts FEM/PNUD Projet ALG/97/G31 2003.

[10] Programme GICC Gestion et Impacts du Changement Climatique (GICC) IMFREX, Impact des changements anthropiques sur la fréquence des phénomènes extrêmes de vent de température et de précipitations Rapport de première année.

[11] FRANK ROUX.: Modes de la Variabilité Climatique (cours modélisation climatique université Paul Sabatier).

[12] Extraits du Rapport accepte par le Groupe de travail I du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat mais non approuve dans les détails Questions fréquentes.

[13] Retour sur les projections OMM-N° 1075.

Réactions physiques du sol à la sécheresse et aux canicules en régions arides

A. Halitim [1], Y. Abdelhafidh[2], N. Dekki[2] et M. Rechachi[2]

1. Université de Batna I, 2. CRSTRA de Biskra

Résumé

Ces dernières années de nombreux travaux ont rapporté un changement climatique avec des sécheresses et des canicules plus longues, plus fréquentes et plus intenses. Les effets néfastes de ces sécheresses et canicules se répercutent sur aussi bien les ressources naturelles : eau, sol, végétation que les infrastructures et les activités socio-économiques et la santé.
Le sol, compartiment essentiel de la biosphère, ressource fragile et non renouvelable, réservoir d'eau et de matière organique, facteur de production agricole et support de toutes les infrastructures et activités humaines est soumis directement à l'aridité et au changement climatique et notamment à la sécheresse et aux canicules. Ces dernières entraînent la dessiccation du sol dont les conséquences sont physiques, chimiques et biologiques.
Les réactions physiques du sol à la sécheresse et aux canicules concernent essentiellement les paramètres suivants:

- La dynamique du profil hydrique
- La dynamique du profil salin
- La réorganisation structurale du sol.
- Le flux thermique du sol vers l'atmosphère

Ces paramètres sont en relation avec les caractéristiques du sol (texture, type d'argile, humidité, structure, salinité, gypse, qualité et doses d'irrigation, couleur du sol, recouvrement du sol), l'intensité du réchauffement, et le degré hygrométrique de l'air. Les effets entrainent des changements au niveau du comportement et du fonctionnement du sol et de la couverture végétale ainsi qu'une augmentation anormale de la température de l'air.
Les actions à mener pour s'adapter à ces phénomènes naturels que sont la sécheresse et les canicules dans les régions arides est d'agir sur les différents paramètres cités précédemment.

Mots clés : Régions arides, sol, canicule, sécheresse, réactions physiques

Physical reactions of soil to drought and heat waves in arid regions

Abstract

In recent years, many studies have identified longer, more frequent and intense climate change, droughts and heat waves. The adverse effects of these droughts and heat waves are reflected both in natural resources: water, soil, vegetation, infrastructures and socio-economic activities and health. Soil as an essential compartment of the biosphere, a fragile and non-renewable resource, a reservoir of water and organic matter, an agricultural production factor, a support for all infrastructures and human activities, is directly subject to aridity and climate change, drought and heat waves. The latter cause the desiccation of the soil, due to the physical, chemical and biological consequences.

The physical reactions of the soil to drought and heat waves mainly concern the following parameters:

- *The dynamics of the water profile.*
- *The dynamics of the saline profile.*
- *Structural reorganization of the soil.*
- *Heat flux from soil to atmosphere.*

These parameters are related to soil characteristics (texture, type of clay, moisture, structure, salinity, gypsum, quality and irrigation doses, soil color, soil cover), the intensity of the heating and the hygrometric degree of the air. The effects cause changes in behavior, functioning of the soil, vegetation cover, and an abnormal increase in air temperature. The action to adapt to the natural phenomena of drought and heat waves in arid regions is to act on the various parameters mentioned above.

Keywords: *Arid regions, soil, heat wave, drought, physical reactions.*

Auteur correspondant

A. Halitim
Université de Batna

INTRODUCTION

Ces dernières années de nombreux travaux ont rapporté un changement climatique avec des sécheresses et des canicules plus longues, plus fréquentes et plus intenses (GIEC, 2013). Les effets néfastes de ces sécheresses et vagues de chaleurs se répercutent sur aussi bien les ressources naturelles : eau, sol, végétation que les infrastructures et les activités socio-économiques et la santé. Ces manifestations peuvent être directes ou à court terme, telles que les incendies, le manque d'eau d'irrigation voire d'eau potable, perte de récolte ou diminution de rendement des cultures, déficit en fourrage pour les animaux, pertes humaines ou indirectes ou à plus ou moins long terme telles que dégâts sur les infrastructures, changement de vocation des régions, effets sur les sols et les forets et sur les activités socio-économiques (chômage, exode rural, diminution des investissements, diminution du niveau de vie…).

Le sol, compartiment essentiel de la biosphère (Fig.1), ressource fragile et non renouvelable, réservoir d'eau et de matière organique, facteur de production agricole et support de toutes les infrastructures et activités humaines est soumis directement à l'aridité et au changement climatique et notamment à la sécheresse et aux canicules.

Ces dernières entraînent la dessiccation du sol dont les conséquences sont physiques, chimiques et biologiques.n entend ici par sécheresse des sols une diminution de la réserve en eau du sol suffisante pour altérer le bon développement des plantes. Elle peut survenir à n'importe quelle période de l'année et dépend des précipitations de l'ETP et de la réserve utile (RU) des sols. La canicule qui est définie comme un niveau de très fortes chaleurs de jour et de nuit pendant au moins trois jours consécutifs, est imprévisible à long terme et varie avec les régions. Elle est à l'origine des perturbations concentrées dans la partie supérieure du sol, proche de l'atmosphère et où se concentre le système radiculaire qui subit les grandes variations de température. Cela altère le bon développement des plantes d'autant plus fortement que ce dernier est superficiel et que la réserve facilement utilisable est faible.

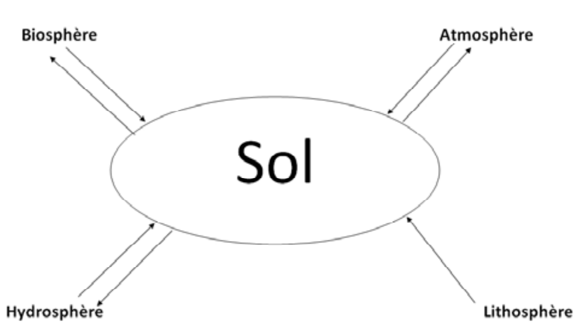


Fig1 : Le sol dans l'environnement.

L'objectif de cette contribution est d'analyser la réponse physique de la couverture pédologique à la sécheresse et aux canicules. en régions arides

I Relations entre caractéristiques du sol et les propriétés thermiques :

La température du sol est influencée à l'échelle locale par des échanges avec l'atmosphère (flux radiatif avec le ciel, convection due au vent, degré hygrométrique de l'air) . Ces éléments varient dans le temps et dans l'espace

Cependant le sol a une grande inertie thermique de par sa masse et son volume. Si la surface du sol se réchauffe et se refroidit presque instantanément, les couches plus profondes mettent plus de temps à se modifier. Mais en général, l'amplitude thermique saisonnière ou journalière diminue avec la profondeur comme le montre la figure 2.

Si le changement de température des couches superficielles est pratiquement instantané, celui des couches profondes se fera avec un décalage dans le temps qui dépend de la texture de la porosité et d'humidité du sol.

La réaction physique du sol à la sécheresse et aux canicules concerne essentiellement les paramètres suivants:

- La dynamique du profil hydrique

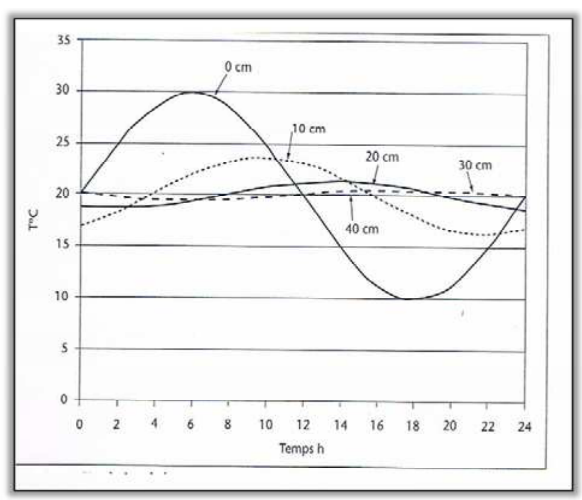


Fig. 2 : Variation de température du sol en surface et à quatre profondeurs (Calvet,2OO3)

- La dynamique du profil salin

- La réorganisation structurale du sol.

- Le flux thermique du sol vers l'atmosphère

Ces paramètres sont en relation avec les caractéristiques du sol (texture, type d'argile, humidité, structure, salinité, gypse, qualité et doses d'irrigation, couleur du sol, recouvrement du sol), l'intensité du réchauffement, et le degré hygrométrique de l'air. Ils entrainent des changements au niveau du comportement et du fonctionnement du sol et de la couverture végétale ainsi qu'une augmentation anormale de la température de l'air.

Les actions à mener pour s'adapter à ces phénomènes naturels que sont la sécheresse et les canicules dans les régions arides est d'agir sur les différents paramètres cités précédemment.

Le sol est le siège d'un stockage et d'un transport de chaleur qui sont déterminés par ses propriétés thermiques qui sont la capacité et la conductivité thermiques (Calvet,2003).

II.1La capacité thermique des sols

La température du sol dépend de la quantité de chaleur reçue et de la quantité de chaleur perdue. L'énergie solaire est le principal facteur. La capacité thermique caractérise l'aptitude d'un matériau à stocker la chaleur. Le tableau 1 donne la grande valeur de la capacité thermique de l'eau liquide par rapport à l'air et aux autres constituants du sol. Il fait ressortir que les sols riches en MO peuvent stocker plus de chaleur que les sols pauvres.

De même du point de vue du comportement thermique les sols très hydratés et les sols riches en MO mettront plus de temps à se réchauffer que les sols secs et pauvres en MO pour un même apport d'énergie.

Tableau 01 : Capacité thermique et conductivité thermique (Musy et Soutter,1991)

Matériau	Capacité thermique $J\ Kg^{-1}\ K^{-1}$	Conductivité thermique $J\ m^{-1}\ s^{-1}\ K^{-1}$
Minéraux	$0.8\ 10^3$	2.90
Matière organique	$1.9\ 10^3$	0.25
Eau	$4.2\ 10^3$	0.585
Glace	$2.1\ 10^3$	2.20
air	$1.0\ 10^3$	2.023

II.2 Conductivité thermique du sol :

Le transfert de chaleur dans le sol a lieu par convection et par conduction.et se traduit par un transport la chaleur.

Le tab.1 montre une grande différence de conductivité entre les constituants du sol. C'est ainsi que l'air a la plus petite valeur de conductivité.

Il se révèle que les Sols riches en MO conduisent mal la chaleur. Ils se réchauffent et se refroidissent lentement.

La conductivité est une fonction croissante de la teneur en eau, mais différente selon les constituants.

(Fig.3). Un sol saturé en eau se réchauffe et se refroidit plus vite et plus pour les sols sableux que pour les sols riches en MO.

III. Le profil hydrique

L'assèchement du sol a lieu par évaporation ou évapotranspiration.

Pour ce faire les facteurs suivants doivent intervenir (Fig.04):

• Un flux de chaleur

• Un gradient d'humidité hygrométrique entre la surface du sol et l'atmosphère.

• Une remontée capillaire d'eau à travers le sol vers la surface d'évaporation.

Une absorption d'eau par les racines.

Si les deux premières conditions dépendent des paramètres climatologiques :

T°, hygrométrie de l'air, vent, les deux dernières conditions dépendent des propriétés du sol et de son hydratation et de la densité racinaire.

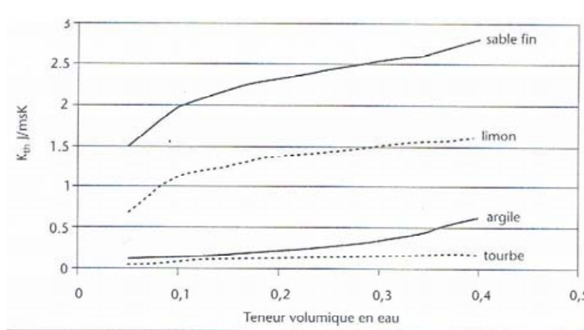


Fig.03: Conductivité thermique de constituants du sol en fonction de la teneur en eau (Musy et Soutter,1991)

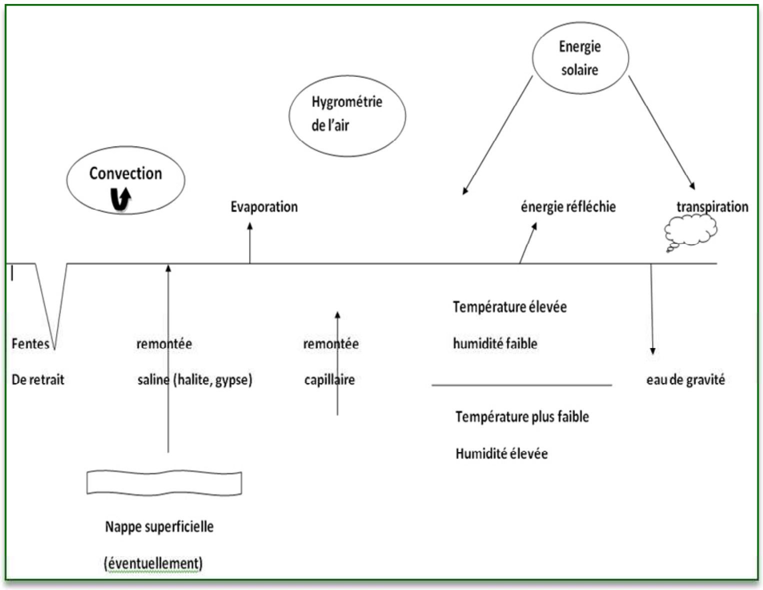


Fig.04: flux de chaleur et dynamique de l'eau dans le sol

I V. Influence de la sécheresse et de la canicule sur la biodisponibilité en eau du sol :

La réserve utile en eau RU est une caractéristique du sol. Elle est indépendante des conditions climatiques.

La RFU (réserve facilement utilisable) correspond à la fraction de la RU en dessous de laquelle la plante devra contrôler sa transpiration en fermant ses stomates. Cette RFU est très variable de 0.4 à 0.8 RU. Elle dépend des caractéristiques du sol et de l'intensité du flux de chaleur.

La canicule entraine par un déséquilibre entre la demande de l'atmosphère et la vitesse de circulation de l'eau une faible RFU et une rupture des remontées capillaires avec une stabilisation du profil hydrique. Celà entraine un effet de stress hydrique sur les plantes.(Fig.05).

Dans le sol d'une région donnée l'eau est soumise à deux potentiels:

- Le potentiel capillaire ou matriciel $Ø_m$ correspond aux forces exercées par la phase solide sur l'eau. Il est d'autant plus fort négativement que la teneur en

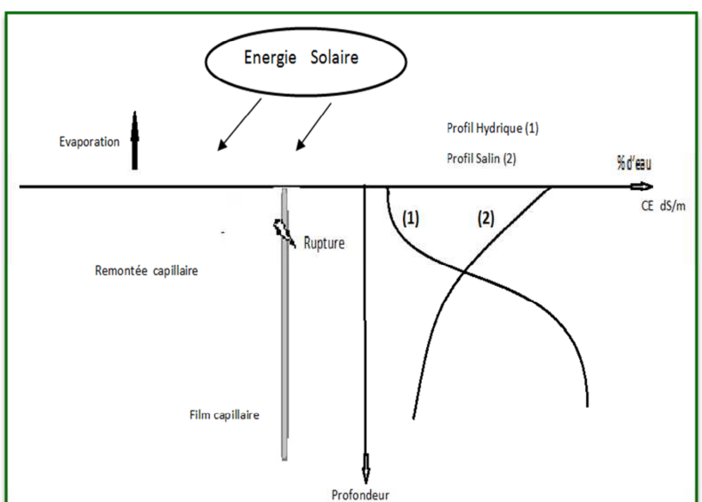


Fig.5: Flux d'énergie solaire et profils hydrique et salin des sols

eau est faible, que les sols sont argileux et que la taille des pores est petite.

- Le potentiel osmotique $Ø_o$ correspond à la concentration de la solution du sol en ions. Il a une grande influence sur la dynamique de l'eau dans le sol, puisque l'évaporation est inversement proportionnelle à la concentration saline. A titre d'exemple pour un même apport d'énergie l'augmentation de la salinité de la solution du sol de 1% diminue l'évaporation de 1%.

- En régions arides le potentiel total ($Ø_t$) est égal à :

- $Ø_t = Ø_m + Ø_o$

- Sous l'effet de la canicule ou de la sécheresse la différence de potentiel total entre deux points explique le déplacement de l'eau dans le sol.

- L'eau se déplace du potentiel total élevé vers le potentiel total faible, par exemple des points à potentiel -330hPa vers ceux à potentiel -1,6MPa

V. Dynamique saline

- Le climat, la végétation et/ ou l'irrigation en régions arides font subir au sol de grandes variations de teneurs en eau entrainant une augmentation de la salinité .

- Les remontées et précipitations de sels varient selon la texture, la porosité du sol et le taux de sels.

Il s'agit de processus complexes qui font intervenir le transport d'eau sous forme de liquide, de vapeur d'eau et des solutés

- Le sol s'assèche plus rapidement dans les horizons de surface de fait de l'évaporation naturelle du sol et de la forte densité racinaire qui occasionnent des remontées capillaires et salines (Fig.5) avec succession verticales et horizontales de dépôt de gypse et de sels

- La canicule en accentuant l'évaporation concentre encore plus les solutions salines avec des effets néfastes sur le sol et les plantes.

- Le sol s'assèche plus rapidement dans les horizons de surface de fait de l'évaporation naturelle du sol et de la forte densité racinaire qui occasionnent des remontées capillaires et salines (Fig.5) avec succession verticales et horizontales de dépôt de gypse et de sels

VI. Réorganisation structurale

Sous l'action du climat, et/des irrigations le sol en régions arides subit de fortes variations de teneurs en eau entrainant des changements de volume

L'ampleur de ces changements dépend :

- Du pédo-climat essentiellement l'humidité et la température de la couverture pédologique

- De la teneur et de la nature de la fraction argileuse

- De la teneur en gypse

Le gonflement provoqué par l'augmentation de l'hydratation du matériau et le retrait (photo 2) de ce dernier à la suite de la dessiccation provoquée par l'augmentation de la température, ont des conséquences très graves sur le fonctionnement des sols, sur le système radiculaire des plantes et sur les infrastructures.

Ces phénomènes sont fortement exprimés dans les

Photo.1 Efflorescences salines (oued Rhir) (Lakhdari,2014)

Photo.1 Efflorescences salines (oued Rhir) (Lakhdari,2014)

sols argileux où la

fraction argileuse est représentée par les minéraux gonflants, tels que les smectites ainsi que dans les sols sodiques.

Ces phénomènes sont fortement exprimés aussi dans les sols gypseux où ce minéral subit des changements de volume à la suite des cycles d'humectation et de dessiccation provoquant la déshydratation réversible:

Gypse ($CaSO_4$ $2H_2$ O) ---à.Hémihydrate ($CaSO_4$ $1/2H_2$ O)

- Des dégâts peuvent être constatés lors de nucléation ou précipitation de cristaux de gypse dans les fissures des infrastructures et des ouvrages linéaires tels que les routes, les voies ferrées, les tuyauteries enterrées, les aérodromes.

- Ces processus très fréquents en régions arides en présence d'une nappe superficielle provoquent des pressions sur le matériau gypseux pouvant atteindre 1100Kg/cm^2 .

- D'où l'importance de la prise en considération des caractéristiques des sols qui rendent compte des propriétés de gonflement –retrait et leur relation avec le climat (Tessier, 2OO6).

VII. Le flux thermique du sol vers l'atmosphère

Les sols dégagent un flux de chaleur qui fait augmenter de façon anormale la température de l'air. Il accentue la canicule. Cette dernière est très sensible à la sécheresse du sol.

Les sols secs réfléchissent plus l'énergie du soleil en chaleur dans l'atmosphère. Ils ont un fort albédo. Il en est de même des sols nus, de texture sableuse, de couleur blancs et pauvres en matière organique.

Un sol blanc et sec est plus chaud qu'un sol noir et humide et il va réchauffer plus l'air au dessus de celui ci.

Si le sol est sec, l'évapotranspiration n'est pas possible, de même que l'évaporation possible de l'eau contenue dans le sol ou dans les plantes. Or, ces processus consommeraient une grande partie de l'énergie du soleil (ONERC, 2015)

Le sol est un réservoir d'énergie en lien avec les fluctuations climatiques (journalières, saisonnière, pluriannuelles,). Il induit des inerties thermiques qui modulent les fluctuations du climat par des retards dans le réchauffement ou le refroidissement (ONERC, 2015).

Quand les teneurs en MOS sont élevées la rétention en eau est plus élevée. Ainsi en emmagasinant l'eau, les sols riches en matière organique améliorent la résilience aux sécheresses et aux canicules.

VIII. Effet oasis

Selon leur situation les sols subissent différemment les effets des vagues de chaleurs. Au Sahara et à l'intérieur de l'oasis règne un microclimat (effet oasis), créé sous la protection du palmier : humidité, chaleur et lumière propice aux systèmes de culture et au comportement du sol.

A l'intérieur de l'oasis, trois éléments du climat saharien sont modifiés : la luminosité, la turbulence des vents et l'évaporation, sont atténués par rapport au climat saharien (Toutain, 1979;Dubost,2002) (tab.2).

Tab.2: Effet oasis (Riou, 1990

Climat environnant	Micro climat crée par l'oasis
- Chaud et sec - Fortes amplitude thermiques - Déficit hydrique important - Vitesse du vent élevée	- Teneur en eau du sol plus élevée et maintenue - Rugosité dynamique augmentée

C'est ainsi que sous oasis, les températures au sol sont inférieures d'environ 8°C par rapport au sol nu.

De même que l'humidité de l'air est supérieure sous oasis (entre 70 et 100%), ce qui diminue sa capacité à stocker de l'eau provenant de l'évaporation. Il est rapporté une évaporation moitié moins élevée sous oasis que dans la steppe environnante .

L'évapotranspiration est plus lente (ETP diminuée de 30%), la canicule est moins intense, la remontée capillaire est ralentie sans rupture, la RFU est plus élevée, la concentration saline est plus faible par rapport à l'extérieur (tab.3).

L'effet oasis élimine la forte sécheresse de l'air du désert et tamponne les canicules qui dessèchent le sol, accentuent le déficit hydrique et diminuent la photosynthèse ; il augmente l'hygrométrie et atténue la turbulence du vent diminuant ainsi la capacité de l'air à absorber l'humidité provenant du sol.

Pour les cultures sous jacentes le flux d'énergie incident est diminué de même qu'à cause de l'hydratation du sol, d'une couleur plus sombre, le flux d'énergie réfléchi est moins dense. Cela se traduit par une évapotranspiration plus faible favorisant la photosynthèse.

Au sein de l'oasis les amplitudes de dessiccation et de réhumectation des sols sont atténuées.

Ces écosystèmes oasiens constituent par conséquent une solution essentielle à l'adaptation au changement climatique et notamment à la sécheresse et aux canicules.

Tab.3: Moyenne de quelques variables du sol sur une couche de 100 cm à l'intérieur et à l'extérieur de l'Oasis d' Oumache (Biskra) .

Paramètres physico-chimique		Intérieur de l'Oasis	Extérieur de l'Oasis
pH		7,98	8,65
CE (m S/cm)		**6,1**	**69,6**
Gypse (%)		**26,71**	**0,49**
Calcaire total (%)		13,75	13,85
Calcaire actif (%)		12,25	7,63
C (%)		1,31	1,12
Cations (méq/l)	Ca^{++}	29,56	35,57
	Mg^{++}	25,82	95,17
	Na^{+}	**56,29**	**857,81**
	K^{+}	1,07	9,38
Anions (méq/l)	Cl^{-}	**90**	**1090**
	$SO4^{-}$	33,44	13,89
	$HCO3^{-}$	5,75	5,5

IX. Perspectives et conclusion

La sécheresse et les canicules représentent une menace sérieuse pour notre société à cause notamment des effets néfastes sur son alimentation et son environnement dont son compartiment essentiel qu'est le sol.

Ces évènements extrêmes ont des incidences sur la dynamique de l'eau, sur la matière organique et les processus mis en œuvre dans les sols. Et par conséquent sur les plantes et les cultures.

Nous avons vu qu'ils provoquent un dessèchement excessif des sols dont les conséquences sont néfastes en régions arides.

Aussi une gestion durable des écosystèmes exige sa limitation pour conserver l'humidité du sol.

Pour ce faire deux facteurs sont pris en compte :

• L'apport d'énergie incidente qu'il faudra limiter grâce à des techniques d'ombrage et en créant un microclimat de type oasis.

• Le déplacement de l'eau liquide qu'il faudra limiter, en limitant l'évaporation au sol.

•A ce sujet de nombreuses techniques peuvent être utilisées dont l'objectif est de favoriser la macroporosité qui ne permet que le transport d'eau sous forme de vapeur.

• La technique du mulch qui permet de limiter l'évaporation du sol d' économiser l'eau. Cela consiste à mettre à la surface du sol ou juste dans la couche de surface des matériaux grossiers (paille, écorces..)

• La technique des travaux superficiels des sols (labours superficiels, binage…) qui rompe la continuité des films capillaires jusqu'en surface en plus que détruire les plantes adventices.

• Afin d'éviter que les plantes souffrent en période de fortes chaleur et que des phénomènes de retrait des sols gonflants et gypseux aient lieu les irrigations doivent être fréquentes pour que l'humidité du sol soit au dessus de a RFU.

• Par ailleurs une gestion durable des sols fait appel à des pratiques permettant l'augmentation de la Réserve utile en eau des sols telle que la gestion du statut organique des sols et éviter des pratiques inappropriées qui réduisent celle ci telles que les labours, le surpâturage, la surexploitation.

• Finalement la température et l'eau représentent les principaux facteurs de l'évolution, du fonctionnement et du comportement des sols.

Références bibliographiques

Calvet R. 2003- LE SOL- Propriétés et fonctions. Tome 2. Editions France Agricole. 511p.

Dubost D.2002 – Ecologie, Aménagement, Développement agricole des oasis algériennes. 423p. Editions du CRSTRA Biskra.

GIEC 2007- Bilan 2007 des changements climatiques- Rapport d'évaluation du GIEC. Cambridge University Press.

Lakhdari F.- 2014- L'agriculture Saharienne, hier, aujourd'hui et demain ? Conférence – Salon de la recherche. Oran 2014.

Musy A. et Soutter M. – 1991- Physique du sol. Presses polytechniques et Universitaires Romandes. Lausanne.

ONERC, 2015. SOLS : quel est le lien entre séche-resse et canicule ?

Tessier D. – 2006- Analyse comparative de politiques de prévention du risque de « sécheresse géotechnique ». Rapport final- 278p- INRA – Unité de science du sol. Versailles.

Toutain G. 1979- Eléments d'Agronomie sahariennes. Editions des Allées des zones arides. Paris 273p.

Impact des Canicules/sécheresse sur les productions agricoles et la demande en eau d'irrigation

BOULASSEL Abdelmadjid [1,2*], MOUHOUCHE Brahim [2], SMADHI Dalila [3], DAKHIA Nadjet [4], SAIDI Lila [5]

(1) Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA), Centre Régional d'Oued Ghir, 06017 Béjaia, Algérie, boulassel_ma@yahoo.fr, b.abdelmadjid.@gmail.com
(2) Département Génie Rural, Laboratoire de Maîtrise de l'eau en Agriculture, Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA), Avenue Hacène Badi, BP 182, El Harrach, 16200 Alger, Algérie, Email : b.mouhouche@ensa.dz
(3) Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie, Division de Bioclimatologie et Hydraulique Agricole, Alger, dalsmadhi@yahoo.fr
(4) CRSTRA, 07000 Biskra, Algérie, dakhia_nadjet@yahoo.fr
(5) Laboratoire de Maîtrise de l'eau en Agriculture, Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA), Avenue Hacène Badi, BP 182, El Harrach, 16200 Alger, Algérie, saidilyla@gmail.com

Résumé

La production agricole est fortement liée, entre autres, à la température et à l'eau. L'élaboration des composantes du rendement s'étale sur tout le cycle de développement de la culture, et, en accumulant une somme de température. La phase critique se situe, pour une large gamme de culture, entre la floraison et la récolte (maturation). Le recours à des informations climatiques continues dans l'espace et dans le temps est devenu une nécessité, afin d'aboutir à une caractérisation climatique précise en lien avec la plante et l'eau. L'évolution des outils informatiques surtout de cartographie et d'analyse spatiale numérique donne aujourd'hui des informations fiables et viables, et, aide à des prévisions des productions en fonctions des paramètres climatiques et surtout les évènements extrêmes.
La canicule, comme évènement extrême, a un impact direct sur la chute des rendements des céréales (jusqu'à 21% de chute en région méditerranéenne), des productions arboricoles et une chute également de la production de lait.
La production phoenicicole est fortement affectée par les températures caniculaires qui s'étalent jusqu'au mois d'octobre. On assiste à des productions de dattes échaudées, desséchées et atrophiées par les fortes chaleurs, affectant ainsi leur qualité, notamment les dattes molles. Ceci modifie fortement la forme, la couleur, la saveur et la texture du fruit, ce qui représente une menace sur la détérioration de la qualité gustative du produit phare de l'économie oasienne.
Les fortes températures ont un effet également sur la demande en eau, car, les besoins en eau d'irrigation augmentent. Ce constat donne à réfléchir sérieusement aux stratégies d'adaptations en stabilisant les productions, assurant la qualité des produits et en sécurisant notre alimentation et notre économie.

Mots clés : Production agricole, canicule, besoins en eau, sécurité alimentaire.

Impact of heat waves / drought on agricultural production and demand for irrigation water

Abstract

Agricultural production is strongly linked, among others, temperature and water. The development of performance components spans the entire development of culture, and, accumulating a sum of temperature. The critical phase is, for a wide range of crops, between flowering and harvesting (maturation). The use of continuous climate information in space and in time has become a necessity, in order to achieve at a precise climate characterization in connection with the plant and the water. The evolution of computer-based tools, especially cartography and digital spatial analysis, provides now reliable and viable information, and helps to forecast productions according to climate parameters and especially extreme events. The heat wave, as an extreme event, has a direct impact on the fall of Cereal yields (up to 21% drop in the Mediterranean), the arboricultural productions and a drop in milk production. Phoenicicole production is strongly affected by hot temperatures

which extend until October. We are witnessing dates productions scalded, desiccated and atrophied by high heat, affecting their quality, especially soft dates. These changes affect the shape, color, flavor and texture of the fruit, which represents a threat to the deterioration of the taste quality of product of oasis economy. Higher temperatures also affect water demand because irrigation water requirements increase. This fact gives serious thought to adaptation strategies by stabilizing production, ensuring the quality of products and by securing our food and our economy.

Keywords: *Agricultural production, heatwave, water requirements, food security*

Auteur correspondant

BOULASSEL Abdelmadjid
Email: b.abdelmadjid.@gmail.com

INTRODUCTION

L'agriculture, est sans doute, l'activité humaine la plus influencée par le climat, car, la production y dépend directement. Le développement technologique a permis une augmentation de la productivité. Néanmoins, le changement/dérèglement climatique aura (les premières conséquences sont déjà visibles) un impact sur les composantes du rendement, et, par conséquent, sur la production, surtout des cultures pluviales.

L'accroissement de la teneur en gaz à effet de serre dans l'atmosphère, l'élévation de la température, la modification des régimes pluviométriques et des différents termes du bilan hydrique (évaporation, drainage, ruissellement), l'élévation du niveau des mers, l'évolution de la couverture nuageuse, et, donc du bilan radiatif vont modifier le fonctionnement des écosystèmes, ce qui nécessite en premier lieu de prévoir et de quantifier ces modifications et leurs conséquences (Seguin, 2010).

L'accélération du changement climatique et l'accroissement démographique menace la sécurité alimentaire à l'échelle planétaire, avec des baisses de rendements des principales cultures qui nourrissent la population mondiale (Boulassel et al, 2016).

Pour la région méditerranéenne, les climatologues anticipent une augmentation de la température de l'air de 2,2 à 5,1°C pour les pays de l'Europe de la période 2080-2099 par rapport à la période 1980-1999 (GIEC, 2007).

Il y aura également une augmentation des périodes de sécheresse se traduisant par une fréquence élevée des jours au cours desquels la température dépasserait 30°C (Giannakopoulos et al., 2005).

La canicule, comme évènement extrême, associée à des sécheresses cycliques, saisonnières et inter-saisonnières, a un impact direct sur la chute des rendements des céréales (jusqu'à 21% de chute en région méditerranéenne), des productions arboricoles et une chute également de la production de lait (CIRAD, 2015).

Les fortes températures ont effet également sur la demande en eau, car, les besoins en eau d'irrigation augmentent. Ce constat donne à réfléchir sérieusement aux stratégies d'adaptations en stabilisant les productions, assurant la qualité des produits et en sécurisant notre alimentation et notre économie.

APPROCHE METHODOLOGIQUE

Pour démontrer la pertinence de l'étude des canicules/sécheresse et leurs impacts sur les productions agricoles et la demande en eau d'irrigation, nous avons procédé à une analyse, des données primaires et secondaires et des observations sur le terrain.

La question centrale à laquelle nous avons à répondre est la suivante :

Quels sont les impacts actuels et futurs des canicules/sécheresse sur l'évolution des productions agricoles, la demande et la partage de la ressource hydrique et la sécurité alimentaire ?

Avant de répondre à cette question, nous aborderons succinctement, l'évolution du climat en Algérie.

EVOLUTION DU CLIMAT EN ALGERIE AU XXème SIECLE

Le constat actuel, pour les pays du Maghreb en général, et l'Algérie en particulier est le suivant :

• Augmentation de température entre 1 et 2°C soit le double de la hausse moyenne planétaire (0.74°C) à partir de 1970.

• Modification de la quantité et de la répartition des pluies, baisse de la moyenne annuelle comprise entre 10 et 20%.

• Occurrence plus grande des sécheresses.

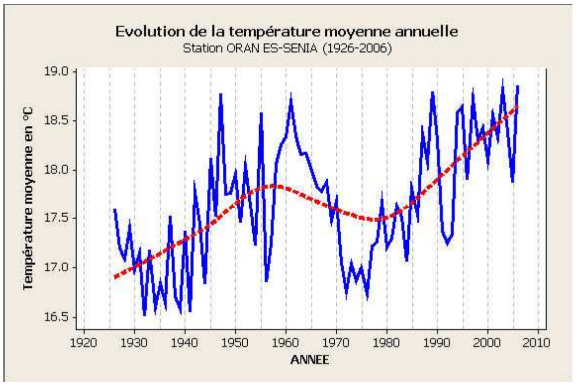
• Intensification des Vagues de chaleur en toute saison.

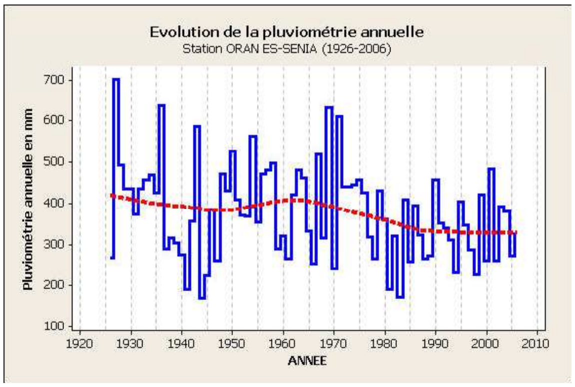
• Elévation du niveau de la mer (3 à 4 fois plus rapide à SFAX que la moyenne mondiale de 1.5 -2mm/an) (Bessaoud, 2008).

• Emergence de nouvelles maladies transmises par des « vecteurs » (insecte, tique, mollusque, rongeur, chauve-souris…).

On a constaté également une augmentation de température comprise entre 0.65 et 1.45°C et une baisse des précipitations comprise entre 5 et 13%. Les régions du Nord Ouest et du Sud Ouest de l'Algérie seront les plus affectées à la fois par un réchauffement important et une baisse des pluies (Bessaoud, 2008).

Il y a une augmentation de la température moyenne à Oran de 1926 à 2006 de 2°C et une chute de précipitations de 15%.





(Source : Bessaoud, 2008)

IMPACT DES CANICULES/SECHERESSE SUR LES PRODUCTIONS AGRICOLES

a. CEREALES

La céréaliculture a toujours constitué une composante essentielle de l'agriculture Algérienne. Néanmoins, la production nationale de céréales reste en deçà des besoins du pays en raison surtout des contraintes d'ordre hydrique. Elle reste une culture tributaire des aléas climatiques et elle est conduite en pluvial. En plus, la productivité de la céréaliculture risque d'être affectée à l'avenir sous l'effet des changements climatiques (entre autre sécheresse/canicule) et la diminution possible des ressources en eau disponibles.

La sécheresse a un impact négatif sur l'élaboration du rendement final, en affectant les principales composantes de ce dernier. Ainsi, Medeghri (1987), rapporte que chez le blé, les trois stades suivant: levée - début montaison, montaison - floraison et floraison - maturation, coïncident avec les phases d'élaboration des composantes principales du rendement; nombre d'épi par plant, nombre de grain par épi et le poids de mille grains.

Durant la levée, la sécheresse provoque la mortalité des jeunes plants (Johnson et Asay, 1993). Le taux de mortalité sera davantage plus élevé si **le manque d'eau est associé à des températures excessivement élevées** surtout lors de l'apparition des premières feuilles (Peacock et al, 1990).

Au cours du stade tallage, le déficit hydrique réduit le nombre de talles en bloquant leur croissance et retarde l'apparition de nouvelles talles.

Au cours de la montaison, le manque d'eau associé à une sécheresse/canicule affecte le rendement suite la diminution de la fertilité des épis, ce qui réduit le nombre de talles fertiles (talles épis) et le nombre de grains par épi (Boulassel et al., 2010).

Pour Deumier (1987), la phase allant du stade 2 nœuds jusqu'à la floraison est la plus sensible au manque d'eau. En cas du déficit hydrique, elle est la plus pénalisante au rendement, puisqu'au cours de cette phase que se forme le nombre de grains/m2 qui est fortement lié au rendement grain (Boulassel, 1997).

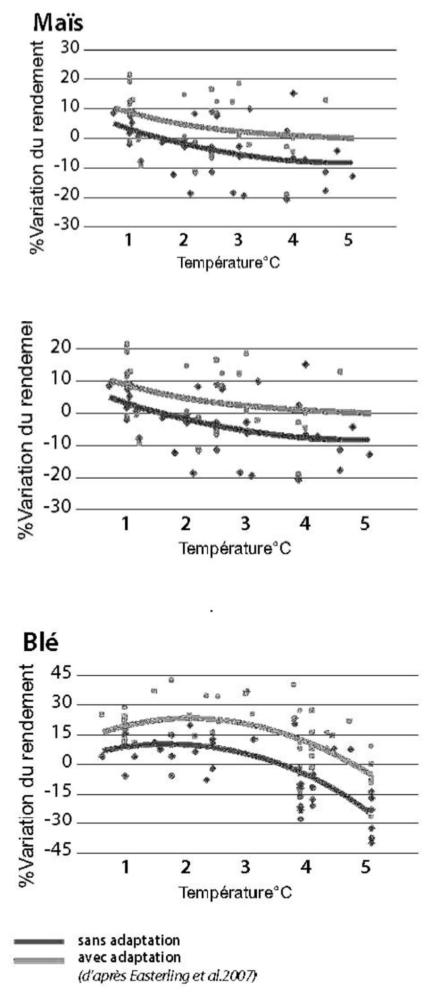


Figure 1. Effet du réchauffement sur le rendement du blé et du maïs en zone tempérée (d'après Easterling et al, 2008 cité par Seguin, 2010).

La sécheresse explique à elle-seule jusqu'à 40% des chutes de rendement céréaliers (Smadhi, 2011).

Pour le maïs, l'augmentation de la température provoque une chute de rendement, par contre pour le blé du moins pour le nord de la France, la hausse et favorable jusqu'au 2°C, puis la chute est fatale (figure 1).

b. CULTURES PERENNES

Pour les cultures pérennes, essentiellement l'arboriculture fruitière, la vigne et le palmier dattier, l'impact le plus attendu est lié à l'avancée des stades phénologiques. Ce phénomène sera d'autant plus marqué que l'on s'éloigne de la levée de dormance, qui risque elle d'être plus tardive à cause du manque de froid. Des troubles physiologiques telles que la chute de bourgeons, avortement accentué des fruits est déjà perceptible chez certaines espèces telles que l'abricotier, le figuier, le pommier. Sous l'effet de la chaleur (température élevée et/ou caniculaire) il y aura un raccourci des stades phénologiques, ce qui compromettra la production en affectant la fécondation et la pollinisation. Cela aurait des conséquences certaines sur la qualité de la vendange, plus chargée en sucre (et donc en degré alcoolique) et moins en acide (Seguin, 2010).

La production phoenicicole est fortement affectée par les températures caniculaires qui s'étalent jusqu'au mois d'octobre. On assiste à des productions de dattes échaudées, desséchées et atrophiées par les fortes chaleurs, affectant ainsi leur qualité, notamment les dattes molles. Ceci modifie fortement la forme, la couleur, la saveur et la texture du fruit, ce qui représente une menace sur la détérioration de la qualité gustative du produit phare de l'économie oasienne.

Pour les agrumes, nous donnons l'exemple du Maroc, où la production était compromise avec une chute de près de 50% pour la campagne agricole 2012/2013, suite aux températures caniculaires qui se sont installées sur la région du Sous-Massa-Drâa à partir du mois de Mars (figure ci-dessous).

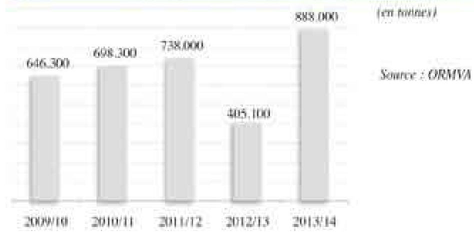
Il faudra aussi considérer l'impact sur les adventices (mauvaises herbes) et les insectes et maladies cryptogamiques, encore mal cerné à l'heure actuelle.

c. CULTURES MARAICHERES & CUCURBITACEES

Pour les cultures maraîchères et particulièrement les cucurbitacées, le réchauffement est favorable pour augmenter les rendements, en consommant plus d'eau. Ceci engendrera une forte demande sur la ressource hydrique, déjà denrée rare et précieuse.

Tendance baissière pour la production des agrumes 2014/2015

Campagnes	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14
Clémentine	218.000	253.100	297.200	134.800	415.000
Navel	85.000	93.100	102.400	30.600	57.000
Maroc Late	170.00	161.300	160.000	86.700	160.000
Autres	173.300	190.800	178.400	153.000	256.000
Total	**646.300**	**698.300**	**738.000**	**405.100**	**888.000**



Cela risque d'engendrer des conflits d'usage.

DEMANDE EN EAU D'IRRIGATION

Sous l'effet de la sécheresse/canicule la demande atmosphérique est accentuée (évapotranspiration). La satisfaction des besoins en eau des cultures, en nette augmentation, deviendra délicate. Les conflits d'usage vont se multiplier entre intérêt économique usager et intérêt communautaire. Les risques de salinisation des terres deviendraient plus marqués, surtout avec, l'étalement des périodes de sécheresse et la fréquence élevée des épisodes caniculaires.

CONCLUSION

Face au réchauffement climatique, l'étalement des périodes de sécheresse et la fréquence élevée des épisodes caniculaires, nous devrons s'y adapter et continuer à produire en dépit des perturbations imprévues. Cette forme d'adaptation est connue sous le nom de « agriculture résiliente » (l'écosystème oasien répond parfaitement à cette nouvelle approche, et, d'où elle s'inspire pour la mise en œuvre dans un territoire donné).

Nous devrons prendre des mesures et une révision des stratégies est indispensable face aux aléas climatiques :

• Une volonté politique

• Diversifier les cultures et les économies

• Préserver et valoriser la forêt (les systèmes oasiens)

• Gérer durablement les territoires et favoriser les cultures locales mieux adaptées aux changements

• Changer le comportement et les habitudes alimentaires

• Lutter contre le gaspillage (eau) et favoriser les nouvelles techniques économes d'eau

• Favoriser la sélection multistress

• Encourager le xéropaysagisme

• Recycler les déchets et les sous produits agricoles

REFERENCES

Bessaoud O., 2008. Changement climatique et agriculture au Maghreb. Séminaire régional« Changement climatique en Méditerranée », MARSEILLE, 22-23/10/2008.

Boulassel A.; Mouhouche B.; Saidi L., 2016. L'agriculture climato-intelligente : une alternative d'adaptation aux changements climatiques. Communication orale à la foire agricole sous le thème « mise en valeur des productions agricoles locale » oued Ghir, Béjaia 14 et 15 mai 2016.

Boulassel A.; Mouhouche B.; Lakhdari F., 2010. Conséquences de la sécheresse sur le développement végétatif des cultures et les mécanismes d'adaptation. Cas des céréales. Atelier Sécheresse analyse et stratégie d'adaptation, Biskra 21-22 Novembre

URL : http://dspace.crstra.dz:8080/jspui/handle/123456789/709

Boulassel A., 1997. Contribution à l'étude de l'effet de l'irrigation d'appoint sur deux variétés de blé dur (Waha et Acsad 65). Recherche Agronomique 00.

CIRAD., 2015. Ciel, ma terre ! Agriculture et dérèglement climatique. 12p. http://www.cirad.fr/content/download/9630/110082/version/2/file/SIA15-Brochure+FR-xlight.pdf

Deumier J. M., 1987. Bilan de quelques années d'irrigation du blé. Perspectives agricoles 114, pp 11-16.

Easterling W., Aggarwal P., Batima P., Brander K., Erda L., Howden M., Kirilenko A., Morton J., Soussana J. F., Schmidhuber J., Tubiello F., 2007. Food, fibre, and forest products. in Climate Change 2007: Climate Change Impacts, adaptations and vulnerability, IPCC Working Group II, Cambridge University Press, Cambridge, England, 2008.

Giannakopoulos C., Bindi M., Moriondo M., Lesager P., Tin T., 2005. Climate change impacts in the Mediterranean resulting from a 2°C global temperature rise, WWF Report, Gland, Switzerland, WWF.

GIEC., 2007. Climate change 2007 : impacts, adaptation and vulnerability. Summary for policymakers. Contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on climate change, website: www.ipcc.ch.

Johnson D. A., Asay K. H., 1993. Viewpoint - selection for improved drought response in cool-season grasses. J Range Manage 46, pp 194-202.

Medeghri M., 1987. Essais comparatifs de quelques lignées de blé tendre (Triticum aestivum). Thèse ing., INA El-Harrach, 80 p.

Peacock J. M., Miller W. B., Matsuda K., Robinson D. L., 1990. Role of heat girdling in early seedling death of sorghum. Crop Sci 30,pp 138-143.

Seguin B., 2010. Le changement climatique: conséquences pour les végétaux. Quaderni [En ligne], 71 | Hiver 2009-2010, mis en ligne le 05 janvier 2012, consulté le 03 janvier 2013. URL : http://quaderni.revues.org/525

Smadhi D., 2011. Régionalisation et modélisation agroclimatique en céréaliculture pluviale. Cas du nord de l'Algérie. Thèse Doctorat, INA El-Harrach, 156 p.

Site web :

http://www.dordogne-perigord-export.com/fr/marches-internationaux/etudes-de-marches-affichee?id=433241

Canicules et vagues de chaleur: adaptations, effets directs et indirects sur la végétation et les écosystèmes

Ahmed AÏDOUD[1] & Abdelkader AÏNOUCHE[2]

1 Chercheur associé, CRSTRA-Biskra

2 Univ. Rennes 1 / UMR Ecobio CNRS

Résumé

Les végétaux souffrent également de la canicule et des fortes chaleurs en général. La fréquence plus élevée actuellement des canicules est un des résultats et indicateurs du changement climatique mondial. Les fortes températures, sous climat méditerranéen en particulier sont synonymes de sécheresses avec toutes les conséquences souvent négatives et spectaculaires sur les écosystèmes. Un grand nombre de plantes ou communautés de plantes a pu s'accommoder ou s'adapter aux conditions engendrées par les fortes températures; ceci grâce à diverses caractéristiques qui se traduisent par une distribution spatiale, une morphologie, une anatomie, une physiologie et un potentiel génétique leur permettant de résister, d'éviter ou d'éluder ces conditions. Cependant, la rapidité actuelle des changements à la fois climatiques et d'usage des terres et des ressources naturelles réduit considérablement la capacité des plantes à y faire face. Connaître le comportement et les réponses de la végétation aux fortes températures et à la sécheresse permet de mesurer les risques écologiques potentiels, et d'anticiper sur les stratégies à développer à moyen et long termes pour les éviter ou au moins les réduire.

Repeated heat waves and climate change in the Mediterranean region

Abstract

The plants also suffer from the heat wave and the heat in general. The current high frequency of heat waves is one of the results and indicators of global climate change. High temperatures, especially in the Mediterranean climate, are synonymous with droughts with all the often negative and dramatic consequences on ecosystems. A large number of plants or communities of plants were able to adapt the conditions caused by the high temperatures; Thanks to a variety of characteristics that translate into spatial distribution, morphology, anatomy, physiology and genetic potential to resist, avoid or bypass these conditions. However, the current speed changes of climate, land and natural resource use which reduces significantly the ability of plants to cope. Knowing the behavior and responses of vegetation at high temperatures and drought makes it possible to measure potential ecological risks and to anticipate the strategies to develop medium and long terms to avoid or at least reduce them.

Auteur correspondant

Ahmed AÏDOUD
Chercheur associé, CRSTRA-Biskra

INTRODUCTION

Il est quasiment certain que, dans la plupart des régions continentales, les extrêmes chauds seront plus nombreux aux échelles quotidienne et saisonnière, à mesure que la température moyenne du globe augmentera. Il est très probable que les vagues de chaleur seront plus fréquentes et dureront plus longtemps (GIEC, 2007 ; 2013). La tendance serait plus contrastée en Afrique du Nord (GIEC, 2007). Les projections climatiques dans la région méditerranéenne pour le 21e siècle montrent que la température annuelle moyenne afficherait une hausse plus marquée que la moyenne planétaire. Ainsi, à la fin du siècle, l'augmentation de la moyenne annuelle des températures devrait se situer entre 2,2 °C et 5,1 °C pour la période 2080 – 2099 par rapport à la période 1980 – 1999 (GIEC, 2007). Le réchauffement le plus fort se situerait en été.

Une canicule est tout d'abord un évènement météorologique extrême et dont la fréquence, de plus en plus élevée, est considérée comme un des indicateurs de changements climatiques. Nous insisterons un peu plus sur le milieu aride dans cet exposé. Les effets sont directs y compris sur la végétation (fig.1) mais également indirects avec la sécheresse et ses retombées ou conséquences sur les écosystèmes.

Nous sommes, en Algérie, naturellement sous climat méditerranén où par définition chaleur rime avec sécheresse. La période estivale sèche et chaude est une caractéristique de ce climat (fig. 2). La période sèche est plus ou moins longue selon l'aridité qui peut être exprimée par la pluviométrie moyenne annuelle : Laghouat (170mm), El Kheiter (200mm) et Saïda (430mm). Le mot canicule est né en Méditerranée. De l'italien canicula, il est apparu vers 1500 et signifie petite chienne (du latin canis). C'est Sirius qui porte ce nom, l'étoile la plus brillante de la constellation du Grand Chien. Sirius se lève et se couche avec le soleil du 22 juillet au 22 août.

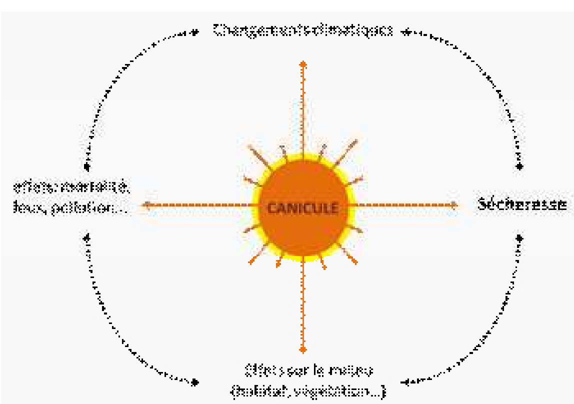


Figure 1- Effets directs et indirects des canicules.

Parler de canicule et de végétation et surtout sous climat aride n'est pas évident a priori. La canicule est un événement caractérisé par un blocage de l'anticyclone et une élévation anormale de la température. En France, météo-France définit la canicule comme un épisode de températures élevées, de jour comme de nuit, sur une période prolongée.

La vigilance météorologique vis-à-vis de la canicule, afin de corriger les carences observées durant la canicule de 2003 en France, s'oriente essentiellement vers un dispositif d'information sur les phénomènes dangereux pour l'homme. Il est tenu compte du caractère exceptionnel des températures nocturnes qui, lorsqu'elles sont élevées pendant plusieurs jours consécutifs, le risque de mortalité peut augmenter chez les personnes fragiles. Bien que la végétation soit très peu considérée par le phénomène canicule en tant que risque proprement dit, de nombreux travaux de recherche ont cependant traité des effets des élévations de températures sur les plantes et la

végétation utilisée comme indicateur. Ainsi, La dendrochronologie du

Mélèze (Larix griffithiana) dans le Nord-Est de l'Inde (fig.3) a permis de reconstruire l'évolution de la température estivale moyenne depuis 1852 et montre un réchauffement depuis les années 1930, avec 1996-2005 comme période la plus chaude sur les 150 dernières années.

1- ADAPTATION AUX TEMPERATURES ELEVEES

Si la fréquence des canicules augmente, les organismes vivants, de façon générale, doivent s'y adapter. L'homme l'a fait, mais il l'est plus dans les milieux qui, habituellement sont confrontés à des canicules ou à des vagues de chaleurs. Ainsi, dans le Midi de la France lors de la canicule de 2003, moins de mortalité parmi les personnes âgées a été enregistrée que dans le reste de la France où ces personnes n'y étaient pas habituées et donc moins adaptées. Chez les animaux on remarque également que les espèces autochtones sont souvent mieux adaptées que celles introduites. Dans les steppes de Mongolie (M'Ahmed & El Amin, 1997), les effets des hautes températures estivales ont été mesurés sur la physiologie et la production des bovins: la température du corps et la respiration sont corrélées positivement à la température ambiante mais la production de lait y est corrélée négativement

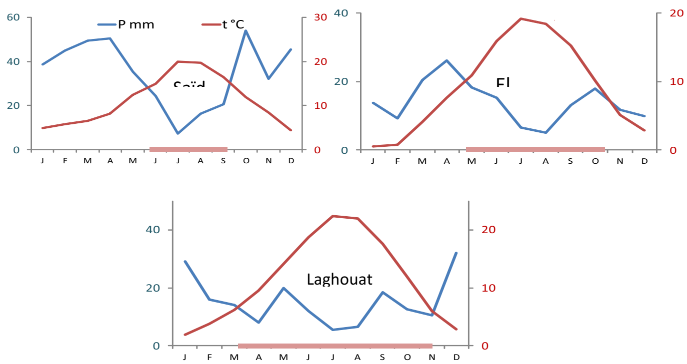


Figure 2- Diagrammes ombro-thermiques montrant la durée de la période sèche (trait plein rouge) dans une année moyenne.

Cependant les effets observés sur la race européenne (Holstein– Friesian) introduite ont été plus significatifs que sur la race locale de zébu (Butana).

Chez les plantes, l'adaptation est encore plus nécessaire puisque ces organismes sont sessiles et ne peuvent se déplacer pour se protéger. Les plantes composant la végétation sont naturellement adaptées aux températures élevées. Citons par exemple, le phénomène El Nino durant lequel, en Australie, de grandes parties du continent australien, subissent durant des périodes longues des températures exceptionnellement élevées (Pudmenzky et al., 2015). Chez les plantes, qui transpirent abondamment, la température des feuilles peut être de 1 à 2°C inférieure à celle de l'air. Par contre, chez celles dont les stomates sont fermés à la suite d'une contrainte hydrique, cette température peut être de plusieurs degrés au-dessus de la température ambiante lorsque l'air est calme et que l'élimination de la chaleur absorbée ne se fait pas, ou peu, par convection. L'un des rôles de la transpiration est bien de refroidir les surfaces photosynthétisantes dont l'activité ne peut se faire qu'à la lumière, c'est à dire dans des conditions où un apport d'énergie peut potentiellement augmenter leur température.

Lorsque la température de l'air change de façon durable l'optimum thermique de l'assimilation chlorophyllienne (OT) change chez les plantes pérennes adaptées. Pour Hammada scoparia (=Haloxylon= Arthrophytum, dénommée remt au Maghreb), plante désertique, l'OT est de 29°C en début de printemps, de 28°C en automne et de 41 °C durant les mois les plus chauds (Berry et Björkman, 1980). Certains types de fonctionnement photosynthétiques favorisent l'adaptation (fig. 4 a). Le mode CAM des cactus, leur permet de n'ouvrir les stomates que la nuit pour capter le gaz carbonique de l'air comme source de carbone.

Outre les adaptations physiologiques, les plantes

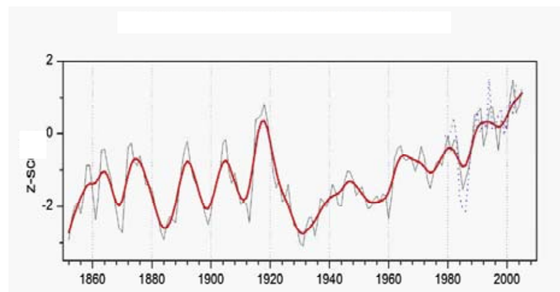


Figure 3- Dendrochronologie du Mélèze (Larix griffithiana) dans le Nord-Est de l'Inde (d'après Yadava et al., 2015).

Fig. 4 a- Plantes de type photosynthétique

Fig 4b- Taille variable des feuilles: d'Artemisia herba-alba (Aidoud, 1989)

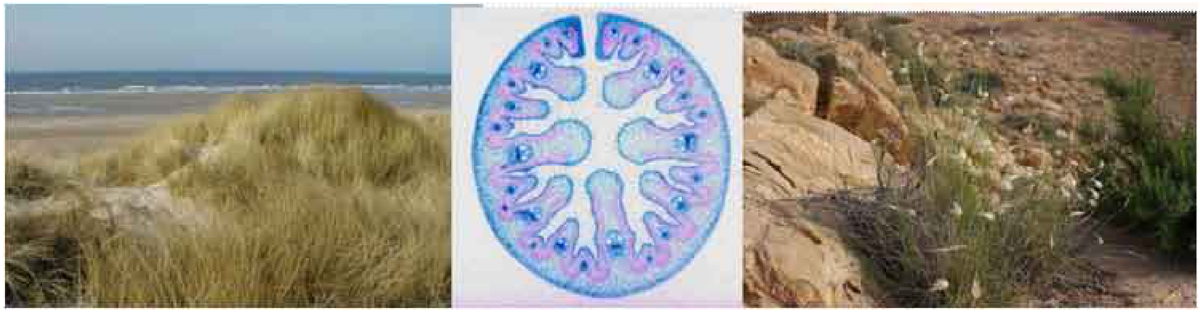


Fig 4c- Anatomie du limbe foliaire similaire chez Ammophila arenaria ou Lygeum spartum.

Fig. 5- Micropyrum tenellum:, a: sur schistes (Massif de Paimpont – Bretagne, France, 900 mm/an et b: steppe d'armoise du Sud-Oranais , Algérie (220 mm/an). Photos A. Aidoud

adoptent une morphologie et une anatomie leur permettant de lutter contre la haute température et son corollaire la sécheresse. Certaines plantes réduisent la surface transpirante représentées par les feuilles. L'armoise (Artemisia herba-alba) réduit la taille de ses feuilles à mesure que la saison chaude approche (fig. 4b) alors que Helianthemum virgatum perd toutes ses feuilles durant cette saison.

Deux espèces végétales, même vivant dans des conditions très différentes, peuvent subir une même contrainte et développer une même stratégie adaptative. C'est par exemple Lygeum spartum, (milieu steppique continental et aride) et Ammophila arenaria (dunes de bord de mer sous climat tempéré) ont développé une anatomie du limbe très proche (fig 4c) imposée par la chaleur et surtout la sécheresse qui est, dans le premier cas climatique, dans le 2ème, physiologique en raison de la salinité qui engendre au final un stress physiologique analogue à celui provoquée par la sécheresse.

Une même espèce peut se retrouver sous des climats très différents mais subissant les même contraintes de milieu. C'est le cas de Micropyrum tenellum, cette toute petite poacée (fig. 5) que nous avons recensée dans la steppe d'armoise aride (fig.5a) et pouvant subir de fortes chaleurs liées au climat régional. Elle existe également sous climat océanique (fig. 5b) dans un micro-climat formé par des schistes qui représente épisodiquement, un milieu très sec et très chaud.

L'adaptation peut être située à un niveau génétique. Par exemple, on sait aujourd'hui qu'il existe des séquences d'ADN mobile, dites éléments transposables, qui sont capables de se multiplier (pour certaines à la manière des virus) dans les génomes et provoquer des mutations qui, lorsqu'elles ne sont pas délétères, peuvent générer de la diversité génétique et contribuer à l'adaptation et la diversification des espèces, comme par exemple l'adaptation à la sécheresse et à la chaleur des radiations ultra-violettes.

Ces éléments transposables sont présents dans tous les génomes procaryotes et eucaryotes. Ils sont contrôlés au niveau cellulaire, et il a été montré qu'ils peuvent être activés (se multiplier) sous l'action de stress génomiques (ex. hybridation interspécifique) ou de stress environnementaux (ex. attaque par des champignons pathogènes, irradiation aux UV, fortes chaleurs, sécheresse du milieu).

La figure 6 illustre cet impact chez des individus d'une population d'orges sauvage dans la nature. Le nombre de copies d'éléments transposables observées augmente de façon significative dans les micro-stations les plus hautes et les plus ensoleillées (Kalendar et al., 2000).

Kalendar et ses collaborateurs ont montré que le nombre de copies observées d'éléments transposables augmente de façon significative dans les microstations (1 et 2 du versant Sud) les plus hautes et les plus exposées aux radiations et à la chaleur, conséquence d'un stress (chaleur, sécheresse et UV)

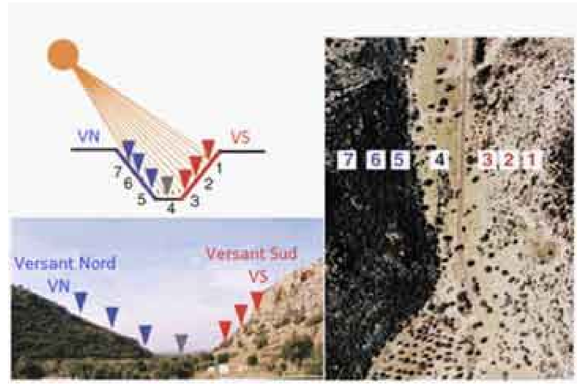


fig. 6- Présence d'une diversité génotypique liée à l'hétérogénéité d'habitat chez Hordeum spontaneum. Photos Kalendar et al.

2- EFFETS DE L'ELEVATION DE LA TEMPERATURE SUR LA VEGETATION.

La sensibilité des écosystèmes arides aux changements climatiques suggère, sur la base de modèles de prédiction et d'observations, que l'augmentation de la fréquence des périodes caniculaires et des vagues de chaleur en général, modifiera vraisemblablement la structure et le fonctionnement de ces écosystèmes et s'exprimera notamment à travers la végétation (Scott et al., 2010). Le suivi des échanges de gaz d'énergie et d'eau entre la végétation et l'atmosphère sur un gradient de végétation allant de la steppe aride à la forêt tempérée en Espagne durant l'optimum de fonctionnement et les fortes chaleurs d'été. Les résultats préliminaires montrent de grandes variations et des rétroactions potentielles entre la végétation d'une part et la chimie de l'atmosphère et le climat de l'autre (Peñuelas et al.. 2013). Ainsi des effets négatifs sont observés mais également positifs parfois.

2.1. EFFETS Négatifs.

La canicule peut être mortelle pour l'homme (15000 morts dus à la canicule en 2003; 622 morts dans le Sud de l'Inde en 2002…), mais également pour la végétation et les écosystèmes. Les vagues de chaleur peuvent avoir un impact direct sur les écosystèmes, en faisant subir de fortes contraintes sur les cycles du carbone et de l'azote et en induisant la réduction de la disponibilité de l'eau, avec une conséquence potentielle sur la diminution de la production ou même de mortalité d'espèces.

Une forte mortalité des plantes ligneuses à l'échelle sous-continentale du sud-ouest de l'Amérique du Nord a été observée comme conséquence de la chaleur et la sécheresse de 2000 à 2004. Après 15 mois de baisse de la teneur en eau du sol, plus de 90% des espèces d'arbres dominants (Pinus edulis) sont morts (Breshears et al., 2005). La mortalité du pin pignon à l'échelle régionale dans le nord du Nouveau-Mexique (Rich et al., 2008). Les espèces végétales dominantes de divers types d'habitat (ripisylves, ligneux de différentes altitudes) ont subi une mortalité importante au cours de ces sécheresses ; la mortalité moyenne chez les espèces dominantes était de 3,3 à 41,4% (Gitlin et al., 2006).

Des années plus chaudes et plus fréquentes peuvent conduire à une diminution significative de l'absorption du CO2 par les écosystèmes terrestres (Arnone et al., 2008). Une réduction de 30% de la productivité primaire brute ainsi que la diminution de la respiration chez les végétaux dans les écosystèmes en Europe pendant la vague de chaleur en 2003 a entraîné une forte libération de CO2 (0,5 Pg C an-1) dans l'atmosphère et a renversé l'effet de quatre années de séquestration nette de carbone. Une telle réduction de la productivité primaire de l'Europe est sans précédent au cours du siècle écoulé (Ciais et al., 2005).

La canicule peut provoquer ou contribuer à déclencher des feux de forêt parfois dévastateurs comme en Russie en 2010 durant un été exceptionnellement chaud (Witte et al., 2011). Parmi les travaux traitant des effets négatifs, certains se basent sur de plus fortes chaleurs par exemple dues aux incendies. Dans les formations de genévrier Thurifère (Juniperus thurifera), Quintana et al. (2007) rapportent que les fortes chaleurs ont impact sur la composition minéralogique et la dynamique des cations solubles et anions dans l'horizon organique du sol. Les composants minéraux de cet horizon et les feuilles de J. thurifera ont été déterminées, et leurs transformations enregistrées lorsqu'elles sont soumises à des températures différentes dans le laboratoire. De nombreux composants issus de transformation à forte température ont été relevés comme des oxydes, des sulfates… La tendance de certains ions phosphate solubles à disparaître avec la température conduirait à la lixiviation de certains composants utiles du sol comme des nutriments ce qui conduirait à leur perte par lessivage.

Une température élevée est l'un des principaux facteurs qui empêchent la germination, grâce à un vieillissement prématuré de l'embryon. Les températures élevées dans le sol des milieux arides peuvent affecter la survie des semences et l'établissement des plantes.

2.2. EFFETS POSITIFS

Dans certains cas, la végétation peut tirer profit de la chaleur. La réaction par la germination après les traitements thermiques peut être positive : Dans le Sud du désert de Chihuahua chez Echinocactus platyacanthus et Acacia schaffneri (Pérez-Sánchez et al., 2011), dans le centre de l'Espagne chez Pinus pinaster et Cistus laurifolius (Herrero et al., 2007).

L'espèce annuelle Eruca vesicaria (en arabe Djerdjir) est connue pour sa réaction au retour de la pluie. Le Houérou (comm. orale) la surnommée le « pluviomètre ». Aidoud (1989) a observé une très forte densité de cette espèce en 1986 au retour des pluies après 3 années sèches et a émis l'hypothèse d'une réaction de l'espèce suite à un thermo-conditionnement des graines. Ce mécanisme favorisant la germination chez cette espèce a été vérifié par Villamil et al. (2002) et Moussa (2006).

3- LA VEGETATION CONTRIBUE A LUTTER CONTRE LES EFFETS DE LA CANICULE.

La végétation diminue la température par l'ombrage qu'elle crée. Le refroidissement des surfaces photosynthétisantes est l'un des rôles de la transpiration chez les plantes qui ne peut se faire qu'à la lumière et donc souvent à des températures ambiantes élevées. De nombreux travaux ont montré ce rôle de la végétation dans les milieux urbains comme Australie (Chen et al., 2014), aux Pays-bas (Gromke et al., 2015), en Italie (Salata et al, 2015). En Algérie, Bencheikh & Rchid (2012) ont mesuré les températures ambiantes dans diverses situation dans la ville de Ghardaïa (fig. 8a) et ont montré notamment que la température peut être moindre de 5 à 10°C sous les palmiers. Un travail similaire de Boukhabla & Alkama (2012) à Biskra (fig. 8b) a montré que sous les arbres, la température est moins élevée de 7°C par rapport à un trottoir mitoyen sans ombrage. Elle est encore plus basse dans le feuillage.

1- EFFETS INDIRECTS DES CANICULES ET DES VAGUES DE CHALEUR SUR LA VEGETATION ET LES ECOSYSTEMES

Une des conséquences directes d'une vague de chaleur est la sécheresse. Nul besoin de revenir sur les effets de la sécheresse sur les écosystèmes surtout arides qui, par définition, vivent naturellement avec un déficit hydrique permanent. Ces effets ont été traités dans des ateliers sur les risques majeurs précédents au CRSTRA (Aidoud, 2009 ; 2010 ; White & Drake, 2009). Rappelons en quelques-uns brièvement concernant les steppes pâturées en Algérie.

La première conséquence est la baisse de la production végétale et donc la production globale, la végétation étant la base de la chaine trophique simple plante-animal-homme. Entre une année humide et une année sèche, la production végétale nette aérienne peut baisser, dans un parcours steppique en bon état, de près de 870 à 160 kg de matière sèche par hectare alors que la pluviométrie n'a pas baissé dans les même proportions (Aidoud, 1989).

Dans la steppe en Algérie le cheptel ovin a été multiplié par 4 en 30 ans environ. Avec cette pression animale croissante, les plantes fourragères sont surconsommées et finissent par disparaitre laissant place à des plantes non appréciées par les moutons mais qui à leur tour, pour certaines plantes épineuses, seront broutées en période de forte sécheresse et donc de forte baisse de production végétale. Durant les sécheresses longues et intenses, le pâturage se maintient puisque les terres sont à usage collectif. Il devient surpâturage car il n'y a plus que des plantes pérennes qui sont présentes et l'animal prélève plus que la plante ne peut renouveler de matériel végétal et de réserves. La plante pérenne finit par dépérir et disparaitre. Lors d'années humides, ne poussent alors que des annuelles et autres éphémères qui ne jouent qu'un rôle très faible dans la protection du sol. Durant une sécheresse importante et s'il n'y a plus de couverture végétale pérenne pour protéger le sol, toutes les parties fines: limons, argiles, matière organique, microfaune et microflore sont emportés par le vent. Au retour des pluies, quand les conditions de viabilité et de germination sont encore réunies, les graines demeurées dans un sol qui a perdu une part de sa fertilité, peuvent germer de façon très dense.

CONCLUSION

En conclusion, Les canicules et les vagues de chaleur ont des effets directs sur la végétation et les écosystèmes mais également des effets indirects. La canicule est une perturbation (évènement discret, limité dans le temps) mais dont la fréquence en augmentation annoncée accentuera la contrainte (aridité) dans les écosystèmes arides. Il est difficile de lutter contre les effets directs de la canicule sur la végétation. Il s'agit d'agir pour limiter les retombées indirectes surtout le surpâturage et ses conséquences sur des écosystèmes arides déjà naturellement fragiles.

BIBLIOGRAPHIE

1. Aidoud A., 1989. Les écosystèmes pâturés des Hautes-Plaines Algéro-Oranaises, Algérie. Thèse Doct. Etat, Univ. Sci. Technol. H. Boumediene, Alger, 240 p.+ ann.

2. Aidoud A., 2009. La desertification en tant que risque majeur. Atelier International sur les risques majeurs et les catastrophes naturelles. Stratégies de prévention et de protection. CRSTRA & Eur-Opa Risques majeurs, 17-26.

3. Aidoud A., 2010. Réponses à la sécheresse des écosystèmes steppiques arides. Atelier International sur le risque sécheresse, nov 2010, Biskra. CRSTRA & Eur-Opa Risques majeurs (présentation diapo.).

4. Arnone et al., 2008: Prolonged suppression of ecosystem carbon dioxide uptake after an anomalously warm year. Nature, 455, 383-386.

5. Bencheikh H. & Rchid A., 2012. The effects of green spaces (Palme trees) on the microclimate in arides zones, case study: Ghardaia, Algeria. Energy Procedia 18: 10 – 20

6. Berry J, Björkman O (1980) Ann. Rev. Plant Physiol. 31, 491-543

7. Boukhabla M. & Alkama D., 2012. Impact of vegetation on thermal conditions outside,Thermal modeling of urban microclimate, Case study: the street of the republic, Biskra. Energy Procedia 18: 73 – 84

8. Breshears et al., 2005: Regional vegetation die-off in response to global-change-type drought. PNAS, 102(42), 15144-15148.

9. Chen et al., 2014. Urban vegetation for reducing heat related mortality. Environmental Pollution, 192: 275-284.

10. Ciais et al., 2005: Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. Nature, 437(7058), 529-533.

11. GIEC (Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat), 2007, Bilan 2007 des changements climatiques : les éléments scientifiques physiques, In : Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB et al., eds. 4ème Rapport d'évaluation du GIEC, Cambridge : Cambridge University Press.

12. GIEC, 2013. Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat, Cambridge : Cambridge University Press.

13. Gitlin et al., 2006: Mortality gradients within and among dominant plant populations as barometers of ecosystem change during extreme drought. Conservation Biology, 20(5), 1477-1486.

14. Gromke et al., 2015. CFD analysis of transpirational cooling by vegetation: Case study for specific meteorological conditions during a heat wave in Arnhem, Netherlands. Building and Environment, 83: 11-26.

15. Kalendar et al., 2000. Genome evolution of wild barley (Hordeum spontaneum) by BARE-1 retrotransposon dynamics in response to sharp microclimatic divergence PNAS, 97: 6603–6607

16. M'Ahmed M.M., El Amin A.I., 1997. Journal of Arid Environments, 35: 737-746

17. Moussa H.R. (2006). Journal of New Seeds, 8: 91-100

18. Peñuelas J. et al.. 2013. Intensive measurements of gas, water, and energy exchange between vegetation and troposphere during the MONTES campaign in a vegetation gradient from short semi-desertic shrublands to tall wet temperate forests in the NW Mediterranean Basin. Atmospheric Environment 75, 348-364

19. Pudmenzky C., Rachel King R., Harry Butler H., 2015. Broad scale mapping of vegetation cover across Australia from rainfall and temperature data. Journal of Arid Environments, 120: 55-62

20. Quintana J.R., Cala V., Moreno A.M, Parra J.G.,

2007. Effect of heating on mineral components of the soil organic horizon from a Spanish juniper (Juniperus thurifera L.) woodland Journal of Arid nvironments 71:45–56

21. Rich et al., 2008: Phenology of mixed woody herbaceous ecosystems following extreme events: net and differential responses. Ecology, 89(2), 342-352.

22. Salata et al., 2015. How high albedo and traditional buildings' materials and vegetation affect the quality of urban microclimate. A case study. Energy and Buildings, 99: 32–49.

23. Scott L. Collins, Joseph E. Fargione, Chelsea L. Crenshaw, Etsuko Nonaka, James R. Elliott, Yang Xia, William T. Pockman, 2010. Rapid plant community responses during the summer monsoon to nighttime warming in a northern Chihuahuan Desert grassland. Journal of Arid Environments, Volume 74, Issue 5, May 2010, Pages 611-617

24. Villamil J.M.P. et al.(2002). Genetic Resources and Crop Evolution, 49: 47-51

25. White K. & Drake N., 2010. Storm and desertification. Atelier International sur les risques majeurs et les catastrophes naturelles. Stratégies de prévention et de protection. 27-36.

26. Witte, J.C., A.R. Douglass, A. da Silva, O. Torres, R. Levy, and B.N. Duncan, 2011: NASA A-Train and Terra observations of the 2010 Russian wildfires. Atmospheric Chemistry and Physics, 11(17), 9287-9301.

27. Yadava et al., 2015. Tree ring evidence of late summer warming in Sikkim, northeast India. Quaternary International, 371: 175-180.

La foret algérienne face aux feux : proposition d'un dispositif de prévention et de lutte

Hassen BOUKERKER

Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides CRSTRA - -Biskra –Algérie

Résumé

L'élément naturel, qui est sujet le plus aux dégradations, demeure le milieu forestier qui subit d'énormes pertes aussi bien sur le plan floristique que faunistique. Cette richesse naturelle comporte un équilibre fragile qui, une fois rompu, demande d'énormes moyens pour son rétablissement.

Ainsi, l'Homme a toujours puisé les ressources forestières. Cette action non réglementée a nui au développement forestier par les agressions inconscientes tant par le biais des délits de coupes, du surpâturage que de l'incendie incontrôlé pour l'utilisation de ces surfaces en terrains agricoles. Ce dernier fléau ; constitue sans doute, le facteur de dégradation le plus redoutable de la forêt algérienne et méditerranéenne. Les conditions météorologiques telles que la température, le degré d'humidité de l'air, l'historique des précipitations et le vent influencent fortement la sensibilité de la végétation au feu. En effet, des températures élevées, des vents violents et un déficit hydrique de la végétation constituent un terrain extrêmement favorable à l'éclosion et à la propagation des feux de forêt. Certaines régions se trouvent de ce fait prédisposées à ce risque, comme la partie Est et centre du pays.

L'Algérie compte parmi les pays les plus touchée par les feux de forêt qu'ils se multiplient ces derniers temps à cause particulièrement des températures caniculaires dépassent les 40 degrés dans plusieurs villes côtières et les 44 degré dans les régions de l'intérieur du pays, et de la grave sécheresse qui sévit depuis ces dernières décennies selon des déclarations de l'ONM. Par exemple durant la période 1985-2010, elle a enregistré un cumul de 42555 feux, qui ont parcouru une superficie forestière totale de 910 640 ha (soit 22,12 % de la surface forestière totale, avec un taux de 0,85 % par an). Ceci correspond à une moyenne annuelle de 1637 feux et 35025 ha de surface parcourue.

Algerian forest facing fire: proposal for a prevention and control device

Abstract

The natural element is subject to more degradation and forest still undergoing huge losses as well as floristically and faunistically. This natural wealth includes a fragile balance which once broken, requires enormous means for its recovery.

Thus, human being has always drawn on forest resources. This unregulated action has hampered forest development by unconscious aggression through cutting offenses, overgrazing and uncontrolled fire for the use of these areas in agricultural land. This last scourge; is undoubtedly the most degrading factor in the Algerian and Mediterranean forests. Weather conditions such as temperature, air humidity, rainfall history and wind strongly influence the sensitivity of the vegetation to fire. Indeed, high temperatures, strong winds and water deficit of vegetation are extremely favorable to the outbreak and spread of forest fires. Some regions are therefore prone to this risk, such as the eastern and central part of the country.

Algeria is among the countries most affected by forest fires, which are increasing in recent times, particularly due to the heat wave temperatures exceeding 40 degrees in several coastal cities and 44 degrees in the interior regions of the country , And the severe drought that has plagued these last decades according to the ONM statements. For example, during the period 1985-2010, it recorded a total of 42555 fires, which covered a total forest area of 910 640 ha (22.12% of the total forest area, with a rate of 0.85% year). This corresponds to an annual average of 1637 fires and 35025 ha of covered surface.

Auteur correspondant

Hassen BOUKERKER
Email: hboukerker@yahoo.fr

INTRODUCTION

Parmi les facteurs qui menacent les forêts dans le monde méditerranéen, le feu est le plus redoutable par les pertes et les conséquences qu'il entraîne, aussi bien sur l'environnement que sur l'économie du pays. Il a été reconnu, depuis longtemps, comme le plus spectaculaire et le plus grave facteur par son intensité et sa brutalité, par l'ampleur des surfaces parcourues dans le moindre temps et par l'importance des dommages causés (BOUDY, 1952). Cependant, ce feu a existé depuis des milliers d'années, bien avant l'apparition de la végétation sur terre et qu'il faut le considérer comme tout autre facteur écologique faisant partie intégrante du fonctionnement des écosystèmes forestiers. S'il provoque immédiatement la perte du matériel sur pied et amoindrissement de la production à court et moyen terme, il n'affecte en rien la permanence des boisements (BOUDY, 1955, MADOUI et GEHU, 1999, MADOUI et al. 2006). La végétation méditerranéenne l'a connue dans son histoire et s'en est bien adaptée par différents mécanismes (Espèces pyrophytes).

D'après (BARRY, 1960 ; BRAUN-BLANQUET, 1936) ; la remise en cause de classement des forêts naturelles brûlées dans des stades régressives, n'a été faite qu'après les travaux de TRABAUD (1970-1980). Ainsi MADOUI (2002), affirme que les conséquences des feux de forêts avec l'augmentation de ses fréquences au niveau national ; sont devenues catastrophiques et ont provoqué, dans certaines situations, l'élimination de certains ligneux (TRABAUD, 1992), cas observés aussi ces dernières années dans la plupart des boisements algériens.

En Algérie, peu de travaux ont été consacrés aux feux de forêts, bien que des études d'ordre générale ont été publiées depuis l'occupation française sous forme de rapports traitant les causes des feux (MARC, 1916; BOUDY, 1952) entre autres) en raison de l'importance des forêts pour l'économie des colons à l'époque.

A l'heure actuelle, les quelques travaux publiés sur le sujet sont ceux de BEKDOUCHE et al en 2008 à Tizi-Ouzou sur l'évolution après feu de la composition floristique de la subéraie,

MEDDOUR-S O, MEDDOUR R et DERRIDJ A. (2008), sur l'historique des feux de forêts en Algérie, MADOUI, A., et al ; ALATOU (2006) et MORAVEC en1990 ; sur l'effet du feu sur la composition des pinèdes de Pinus halepensis Mill ou le même auteur sur la régénération post-incendie du pin d'Alep en 2010.

C'est dans la continuité des idées que cette analyse des bilans « feux de forêts en Algérie » a été initiée. L'objectif est d'enrichir les connaissances concernant la répartition spatiotemporelle, les principales causes et l'effet des feux de forêts sur les différentes formations forestières particulièrement de certaines wilayas du Nord Algérien qui sont, essentiellement les plus touchées par le feu, avec proposition d'un dispositif de prévention et lutte contre ce fléau pour la préservation de notre patrimoine forestier.

1- LE PATRIMOINE FORESTIER EN ALGERIE

1.1- CONTEXTE NATIONAL

L'Algérie est l'un des plus grands pays d'Afrique avec une superficie de 2 381 741 Km2 sur les 30 millions de Km2 du continent africain, soit près du 1/12 de la surface totale de l'Afrique. C'est le plus vaste des Etats Africains, dont près de 84% représente le Sahara, , l'un des plus vastes déserts du monde. La population Algérienne est d'environ 37,1 millions (ONS, 2012).Le pays s'étend entre l'altitude 18° et 38° Nord et entre la longitude 9° Ouest et 12° Est (MATE., 2001).

Les régions du nord où les conditions de climat et de sol sont favorables, permettent le développement des formations forestières d'un peu plus de 10% de la superficie totale. Du nord au sud, on trouve trois ensembles très contrastés, différents par leur relief et leur morphologie. Tout d'abord la chaîne du Tell et le littoral, puis la chaîne de l'Atlas qui longe les Hautes plaines plus au sud, enfin, le désert Saharien qui s'étend au-delà du massif de l'Atlas. C'est cette disposition de relief qui, avec les conditions climatiques détermine une biodiversité spécifique

1.2- DESCRIPTION DE LA FORET ALGERIENNE

Milieu naturel, fragile et perturbé, la forêt ne pourra se développer que si les gestionnaires forestiers prennent conscience de sa conservation en tenant compte de son importance écologique et économique. En considérant les critères bioclimatiques, l'Algérie présente tous les bioclimats méditerranéens en allant de l'humide au saharien. Les zones semi-arides présentent des aspects bien particuliers tant par les espèces qui les constituent, conifères essentiellement, présents également en dehors de ces zones, mais aussi par la structure des formations végétales qu'elles déterminent et qui sont en fait presque toujours des formations arborées, souvent claires, à sous-bois de type matorral répondant plutôt à des structures pré-forestières, voire pré steppiques (ABI-SALEH et al, 1976).

1.2.1 - SUPERFICIE FORESTIERE

Présenter les bilans actuels n'est pas chose facile, l'étendue de la forêt a toujours été mal appréciée quand on compare les différentes sources. Une critique doit s'établir quand on annonce tel ou tel chiffre. Les travaux de MAIRE en 1925 repris par PEYERIHMOFF en 1941 et KADIK, 1987 ont montré que la surface primitive s'élève à 7.318.000 ha contre 2.910.000 ha actuellement dont 2 millions sont constituées des forêts dégradées (maquis et garrigues), avec un taux de boisement qu'a donc passé de 27,17 % à 11%. (BOUDY, 1955 ; MATE., 2000 in MATE., 2003). D'après les mêmes auteurs ; de 1830 à 1955, la forêt Algérienne a perdu 1,815 millions d'hectares est de 1955 à 1997, elle en perdu 1,215 ha. BOUDY (1955) montre que la superficie forestière est de 3.800.000 ha. Les forestiers algériens publient en 1966 que l'étendue forestière (forêts + maquis) est de 3.013.000 ha et QUEZEL et BARBERO (1985) annonce un chiffre qui avoisine les 3.000.000 ha (tableau 1).

Ces valeurs doivent être considérées avec beaucoup de réserves, ce qui est intéressant est d'avoir une idée la plus générale possible.

La forêt Algérienne est constituée par une variété d'essences appartenant à la flore méditerranéenne, leur développement est lié essentiellement au climat. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral, le faciès forestier change du Nord au Sud du pays, on peut distinguer deux principales zones bien différentes :

- Le littoral et surtout les chaînes côtieres de l'Est du pays comme : la Grande Kabylie, Bejaïa, Jijel, Collo, El Milia, El Kala. Ces régions sont bien arrosées, elles comportent les forêts les plus denses et les plus belles. C'est l'aire de répartition de deux essences principales, à savoir : le chêne liège et le chêne zeen.

- Les hautes plaines continentales, plus sèches représentées par les régions steppiques situées entre les chaînes côtières et l'Atlas Saharien. Ces zones contiennent dans leurs parties accidentées de grands massifs de pin d'Alep et de chêne vert (Aurès, Djelfa et Saïda).

Ainsi le BNEDER, (2009), classe les essences forestières principales selon leur utilisation en forêts d'intérêt économique constituées de résineux (pin d'Alep, pin maritime et cèdre) et de feuillus (chêne zeen, Afares et eucalyptus).On peut estimer, grossièrement, que les principales essences se répartissent comme suit (tableau 2).

Les forêts de protection sont composées de chêne vert, thuya et genévrier.

L'essence prédominante est le pin d'Alep qui occupe 1158533 ha et se rencontre principalement dans les zones semi arides. Le chêne liège avec 349218 ha se localise principalement dans le nord-est du pays. Le chêne Zeen avec 43922 ha occupent les milieux les plus frais dans la subéraie. Les cèdres sont éparpillés sur 32 909 ha en îlots discontinus dans le tell central et les Aurès. Le pin maritime est naturel dans le nord-est du pays et couvre 28490 ha. Les Eucalyptus introduits dans le nord et surtout dans l'est du pays occupent 29355 ha et les divers 68 391 ha (BNEDER, 2009).

- Les forêts de Pin d'Alep sont localisées dans les Wilayas des Sidi Bel Abbès, Saida, Tiaret, Relizane, Chlef, Ain Defla, Tipaza, Blida, Médéa, Bouira, Bordj Bou Arréridj, Djelfa, M'Sila, Batna, Khenchela, Tébessa;

- Les forêts de Chêne liège sont concentrées dans les Wilayas de Bou Merdes, Tizi Ouzou, Bejaia, Jijel, Skikda, Annaba, Tarf, Guelma, Souk Ahras

- Les forêts de Chêne zèen et Afarès dans les Wilaya de Bejaia, Jijel et Guelma, Souk Ahras et Tarf;

- Les forêts de Cèdre sont concentrées dans les Wilayas de Batna, Khenchela et disséminées en petites tâches dans les Wilayas de Tissemsilt, Blida et Tizi Ouzou;

- Les forêts de Pin maritime existent dans les Wilaya de Bejaia, Skikda, Jijel et Annaba où elles colonisent

Tableau 1 : Superficies forestières en Algérie de (1830-2011).

Auteurs	(KAZI AOUAL et RACHEDI, 2010) «	(BENSAÏD et al., 2006)	(BOUDY, 1955 in LOUNI, 1994)	(TITAH, 2011) «
Années	1830 »	« 1888 »	« 1994 »	2011 »
Superficie (ha)	5 000 000	3 247 692	3 800 000	4 671 400

Tableau 2 : Principales essences forestieres et leurs superficies (ha) en Algérie

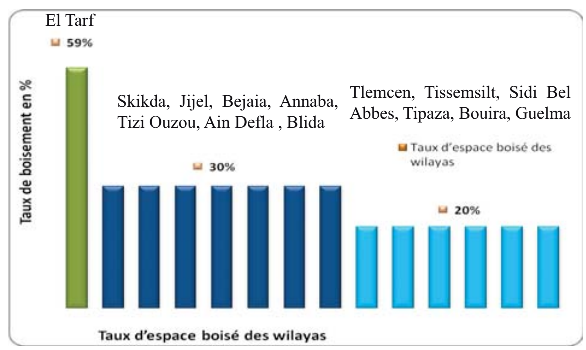
Superficie en ha essences	(KADIK 1987)	S E I G U E (1985)	GOUSSANE (2000)	INRF (1994) in MATE (2003)	G H A Z I (2005)	DGF (2007)
Pin d'Alep	792.000	855 000	880 000	881 302	881 300	881 000
Chêne liège	463.000	440 000	230 000	228 925	/	230 000
Chêne vert	354.000	680 000	/	108 221	108 000	108000
Genévrier de Phénicie	227.000	/	219 000	/	/	/
Thuya	191.000	160 000	/	/	/	/
Chêne zeen + Chêne afares	23.000	67 000	48 000	48 034	48 000	48 000
Cèdre de l'Atlas	23.000	30 000	16 000	23 000	16 000	16 000
Pin maritime	12.000	12 000	32 000	31 513	31 400	31 000
Divers	143.000	/	/	/	/	/
Total	2.270.000					
Maquis et Broussaille	2.720.000	/	1 087 600	1 876 000	/	1 662 000
Total (F+M)	3.050.000	/	/	/	/	/
Alfa	3.037.000	/	/	/	/	/

les forêts de Chêne liège.

A l'échelle nationale, on observe un taux de boisement très variable d'une wilaya à l'autre (MEDDOR et al, 2012), le taux d'espace boisé des wilayas son consigné sur (la figure 1).

Les wilayas les plus boisées d'Algérie se situent à l'est et au centre du pays.

On constate, en effet, que la wilaya la plus boisée d'Algérie est la wilaya d'El Tarf, avec un taux exceptionnel de 59 %. En seconde position, avec un taux qui dépasse 30 %, on trouve les 7 wilayas de Skikda, Jijel, Bejaia, Annaba, Tizi Ouzou, Ain Defla et Blida. Six autres wilayas, comme les wilayas de Tlemcen, Tissemsilt, Sidi Bel Abbes, Tipaza, Bouira et Guelma, présentent un pourcentage de boisement élevé de (20-30 %).



Figue 1. Taux de boisement (%) par wilaya.

Tableau 3 : Répartition de la superficie forestière (KAZI AOUAL et RACHEDI, 2010).

Type de formation végétale	Superficie (ha)
Forêts naturelles	1 329 400
Maquis	1 844 400
Pelouses	2 800
Reboisements	1 494 800

3-3-2- REPARTITION DE LA SUPERFICIE FORESTIERE

Un type de formation forestière est un ensemble forestier ou semi naturel qui présente une certaine unité pour la couverture et l'utilisation du sol pour la densité du couvert, pour la structure forestière et pour la composition des essences. En matière de type de formation (tableau 3), les maquis occupent la première place avec une superficie de 1844 400 ha suivi par reboisements les forêts naturelles avec des superficies respectivement de 1494800 et 1329400 ha. Tandis que les pelouses n'occupe que 2800 ha (figure 2).

De son côté le BNEDER(2009), annonce d'autres chiffres ; en montrant la prédominance des maquis et des maquis arborés qui couvrent 2 413 090 Ha (soit

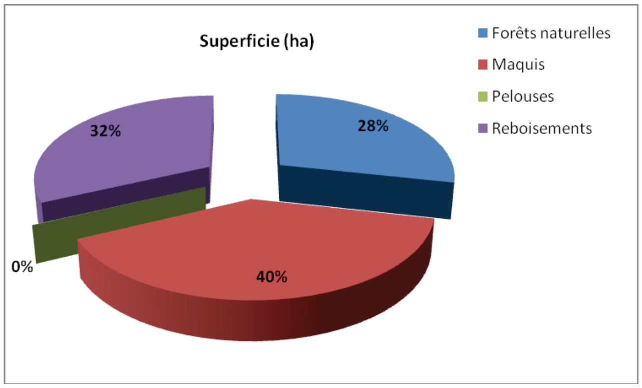


Figure 2 . Répartition de la superficie forestière selon le type de formation forestière

58,7% du total des formations forestières) et qui se répartissent en :

- Maquis clairs = 1 262 118 Ha (74% des maquis) ;

- Maquis denses = 444 609 Ha (26% des maquis) ;

- Maquis arboré clairs 435 940 Ha (62% des maquis) ;

- Maquis arborés denses 270 423 Ha (38% des maquis)

Ces chiffres témoignent de l'état de dégradation des forêts réduites sur 58,7% de leur superficie en maquis et maquis arborés qui sont en grande partie à faible densité, d'où des besoins importants en reconstitution des forêts par reboisement des maquis et des maquis arborés dans des buts de renforcement de leur rôle de protection et de production.

Les forêts proprement dites (forêts et reboisements) ne couvrent que 1702818 ha.

1- LES FEUX DE FORETS

2-1. LE FEU : FACTEUR DE REGENERATION DE CERTAINES ESPECES FORESTIERES !

En réalité, c'est à l'action du feu qu'il faut attribuer l'existence de plusieurs dizaines de millions d'hectares de garrigues et de maquis aussi bien en Europe qu'en Afrique méditerranéenne. La survivance de la plupart des pineraies algériennes est due aux feux (MARC, 1916; DE BEAUCOUDREY, 1938; BOUDY, 1952, 1955) et dans certaines régions, elles ont progressé au détriment d'autres espèces comme le chêne vert (MADOUI et GEHU, 1999) et ce sont les incendies qui ont favorisé leur expansion. Cela montre bien l'importance du facteur feu en tant que force écologique, qui a modelé le paysage et intervient encore dans la dynamique des communautés végétales méditerranéennes (TRABAUD, 1980) et contribuent à la substitution de certaines espèces par d'autres (MADOUI et GEHU, 1999).

2-2. LES FEUX DE FORETS AU COURS DE LA PERIODE HISTORIQUE

L'homme préhistorique a vécu en harmonie avec la nature, n'exerçant sur le milieu naturel qu'une action limitée. Il faisait partie intégrante des écosystèmes, prélevant par la cueillette et la chasse une part des revenus biologiques sans en altérer le capital (OZENDA, 1982). Mais, aussitôt que les hommes paléolithiques disposèrent du feu, « il est devenu, dès lors, l'agent principal de destruction de la forêt » (DE BEAUCOUDREY, 1938).

Au Maghreb, plus de dix millions d'hectares ont été défrichés depuis le début de la période historique jusqu'à la fin de la seconde guerre mondiale (BOUDY, 1948). LE HOUEROU (1980), l'estime à plus de quinze millions jusqu'à ce jour.

Depuis près de 4000 ans, les pasteurs et les cultivateurs ont eu l'habitude d'incendier la forêt pour obtenir un pâturage meilleur et précoce ainsi que des terres de culture (LE HOUEROU, 1980). Ainsi, dans le passé, l'Homme a allumé la plupart des feux pour les utiliser à des fins agricoles ou pastorales. Cependant, les faibles rendements agricoles obtenus l'ont obligé à conquérir sans cesse de nouvelles terres. Le feu était alors associé à l'essartage ou à l'écobuage (KUNHOLTZ-LORDAT, 1938, 1958). Les Algériens, pendant l'occupation française, ont eu recours à ces techniques. Pour pratiquer la culture dans les montagnes où ils étaient réfugiés ou bien pour renouveler et faciliter les pâturages à leurs troupeaux, ils mettaient le feu aux broussailles : technique considérée plus pratique et moins onéreuse que le débroussaillement ou l'essouchement (DE RIBBE, 1866). Cette technique se pratique de nos jours en Kabylie pour enrichir les cultures et pour accroître leurs terrains agricoles.

Le feu a été aussi utilisé, en certaines occasions, comme arme de guerre (TRABAUD, 1980, 1983 ; GUILLERM et TRABAUD, 1980). Ce procédé a été utilisé en Algérie pendant la guerre de libération par l'armée française ; d'une part en mettant le feu aux cultures des populations locales, afin de les affamer, donc les punir ; et d'autre part, incendier les bois (forêts et maquis) pour empêcher la résistance de s'y réfugier. VELEZ (1992) abonde dans le même sens pour toute l'Algérie et note que de vastes forêts de pin d'Alep ont été incendiées pour qu'elles ne puissent servir de refuge aux insurgés pendant la guerre de l'indépendance de l'Algérie.

2-3- LES SURFACES INCENDIEES EN ALGERIE INDEPENDANTE 1963-2009

Selon MEDDOUR et al (2008) la superficie forestière totale incendiée durant la période 1963-2007 (45 ans) est évaluée à 1556807 ha (Tableau 4), le feu a donc détruit en moyenne 34596 ha/an. Après l'indépendance, la forêt Algérienne a donc connu une relative accalmie, puisque les superficies brulées ont diminué par rapport à la période coloniale, où la moyenne annuelle était 41258 ha (soit 16% de moins). Mais, lors de certaines années néfastes, notamment 1965, 1967, 1971, 1977, 1978, 1993, 2000 et 2007, la forêt Algérienne a été touchée par de grands feux, dépassant largement la moyenne de la période 1963-2007, soit entre 40000 et 60000 ha (Figure 3). Toutefois, on reste indéniablement loin des incendies catastrophiques de 100000 à 150000 ha de la période coloniale. Malheureusement, C'est compter sans le caractère aléatoire et versatile du feu, car durant cette même période récente, l'Algérie a vécu deux années catastrophiques, pour ne pas dire infernales. Celles-ci marqueront à jamais les annales des incendies de forêts dans notre pays, en l'occurrence 1983 et 1994, avec respectivement 221367 ha et 271598 ha! Deux records absolus dépassant largement celui de 1956 (204220 ha). Ces deux années, à elles seules totalisent 492 965 ha, soit un taux de 32% sur le totale de la chronologie actuelle (45 ans).

Les feux de forêts augmentent avec la présence du combustible forestier et les conditions favorables. Ainsi en Algérie, ce fléau se concentre beaucoup plus là où le taux de la couverture forestière est important. La fréquence des feux ainsi que les superficies brûlée en Algérie sont corrélées significativement avec le taux de boisement ($r2=0,5895$; $p<0,0001$; $r2=0,5438$; $p<0,0001$) (MADOUI 2013). Les wilayas qui ont un

Tableau 4 : Bilan des incendies de forêts en Algérie (période 1963-2009).

Années	Superficies/ha	Année	Superficies/ha	Année	Superficies/ha
1963	3924	1979	15662	1995	32157
1964	9385	1980	26944	1996	7301
1965	52732	1981	33516	1997	17830
1966	2503	1982	9381	1998	28629
1967	49561	1983	221367	1999	38390
1968	14549	1984	4731	2000	55782
1969	13314	1985	4668	2001	14356
1970	30438	1986	21573	2002	12217
1971	57835	1987	23300	2003	11998
1972	4097	1988	27757	2004	31999
1973	34530	1989	3236	2005	28380
1974	11002	1990	28046	2006	23091
1975	37331	1991	13176	2007	47939
1976	19943	1992	25621	2008	26015
1977	50152	1993	58680	2009	26183
1978	41152	1994	271597	Totale	1609005

Sources : -1963-2007 (MEDDOUR-SAHAR et al., 2008). -2008-2009 (BEKDOUCHE, 2010).

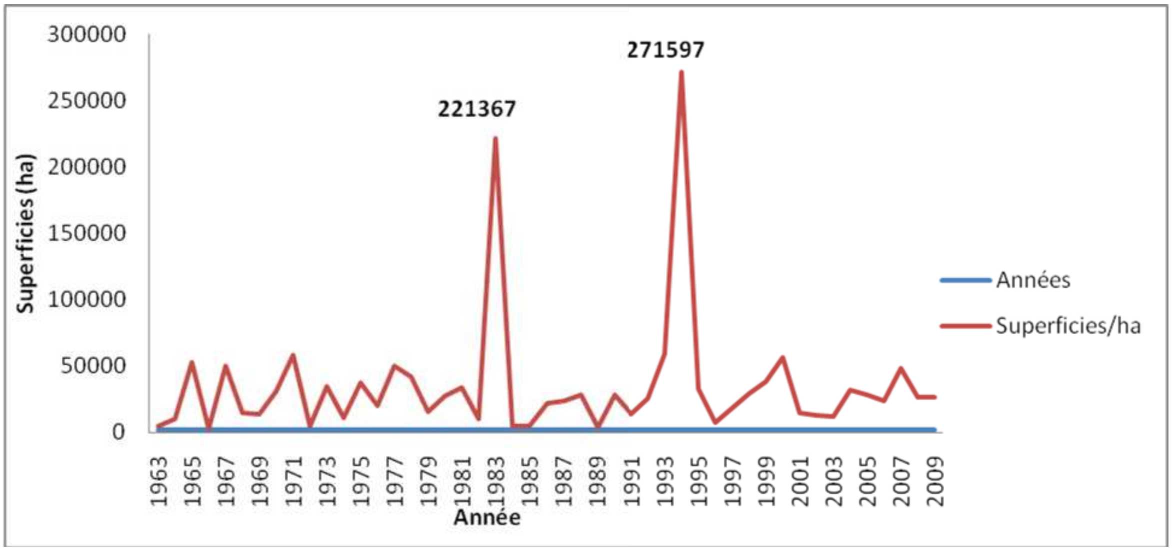


Figure 3: Evolution annuelle des superficies parcourues par les incendies (1963-2009).

taux élevé de la couverture forestière enregistrent le plus grand nombre de feux.

Le taux de boisement, exprimé par le rapport entre la couverture forestière et la superficie totale de la wilaya, apparait principalement en relation avec le climat (précipitations), et les activités humaines (essentiellement le pâturage). Un fait remarquable, les wilayas à forte densité de population enregistre en général un faible taux de boisement. De même, on observe une diminution de la couverture forestière plus on se dirige vers l'Ouest. Selon DJELLOULI (1990) , BOUAOUNE et DAHMANI MEGREROUCHE (2010), il existe en Algérie deux gradients pour les précipitations. Un longitudinale selon lequel les précipitations sont plus faibles à l'Ouest qu'à l'Est (450 mm/an à Oran et plus de 1000 mm/an à Annaba) ; et l'autre latitudinale selon lequel les précipitations varient de 50 mm Dans la région du M'Zab au Sud à 1500 mm à Jijel au Nord.

Le taux de boisement suit le régime des pluies et plus on se dirige vers l'Est, plus il est important, précisément dans la wilaya d'El Tarf. Par contre, c'est au Sud où le taux de boisement est le plus faible ne dépassant pas les 10%. Nous remarquons que la bande allant de la wilaya d'Ain Defla jusqu'ElTarf présente un taux de boisement dépassant les 31%, sauf la wilaya de Blida. Les wilayas dont le taux de boisement dépassant les 40% sont Jijel, Skikda, et El Tarf.

Il est important de noter l'existence d'un couloir formé par les wilayas Laghouat, Djelfa et el Médéa dont le taux de boisement ne dépasse pas les 10%. Il est fort probable qu'il est la conséquence du pâturage pratiqué essentiellement par les populations de Djelfa. Le déplacement saisonnier des troupeaux vers le nord pourrait être la cause de ce déboisement.

2.3. LES CAUSES DES FEUX

La répartition des causes d'incendies en Algérie pour la période 1979 au 1982 (REBAI, 1986), (tableau 5) montre l'importance des causes d'origine inconnue (figure4).

Nous pouvons déjà remarquer l'apparition des causes volontaires dont BOUDY ne mentionnaient pas en 1952. VELEZ (1990) note bien l'accroissement, dans la région méditerranéenne, du nombre d'incendies allumés volontairement dans le simple but de détruire.

L'étalement urbain en est une cause de ces actes (MADOUI et KAABECHE, 2010). Cependant les deux dernières décennies a laissé apparaitre en Algé-

Tableau 5. Réparation des causes d'incendies de forêts pour la période (1979- 1982)

Causes d'incendies (1979- 1982) REBAI, 1986	Origine	Taux (%)
	Inconnue	58%
	volontaires (les incendiaires)	26%
	Involontaires (négligence)	16%

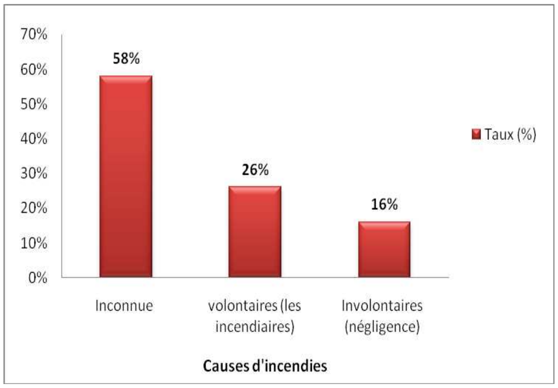


Figure 4. Causes d'incendies de forêts pour la periode (1979- 1982)

rie une tendance aux incendies volontaires justifiés par mesure de sécurité ou dans certains cas dans le but de s'approprier d'avantage des terrains, et la forêt algérienne est encore une fois soumise à la merci des feux, rappelant ainsi les années cinquante sous l'occupation française.

Les causes d'origine inconnue sont en progression et sont passées de 29% en 1979 à 58% en 1982. Elle était de 74% en 1995. Pour une durée plus longue allant de 1990 à 2003, les causes inconnues sont environ de 77% (ZOUAIDIA 2006). Les causes inconnues sont dues principalement au manque de moyens pour mieux surveiller nos forêts en périodes critiques et mener les bonnes investigations pour chercher les coupables, et de nos jours la situation sécuritaire empêcherait les forestiers de s'aventurier en forêts pour faire leur investigation.

Selon TRABAUD (1980), c'est en fonction des conditions météorologiques qui surviennent au cours de l'année que dépendent, entre autres, les superficies parcourues par les feux et leur nombre décroît de façon exponentielle en fonction de l'accroissement de la quantité des précipitations (TRABAUD, 1983, MADOUI, 2002).

Toutefois, avec le réchauffement climatique prédit, les conséquences d'un déficit pluviométriques, essentiellement en zones semi-arides risquerait d'être plus dramatique sur la forêt algérienne.

De sa part, MADOUI (2013) dans son étude sur les incendies de forêts en Algérie pour la période de 1985-2013, (figure 5), a montré que la part des incendies d'origine inconnue est de 79,97 %, sur le total des incendies déclarés. Les incendies intentionnels, difficilement identifiables, représentent un taux important (16,47 %) pour le nombre de feux, bien que ce chiffre soit loin de la réalité, toutes les causes de cette nature n'étant pas déclarées. De nombreux incendies classes parmi les causes inconnues sont en fait imputables a des causes intentionnelles, parce que l'auteur de l'incendie n'a pas été arrêté ou qu'il n'y a pas eu de preuve évidente d'incendie de cette nature (DIMITRAKOPOULOS, 1995).Les incendies involontaires (accidents, imprudences, chercheurs de miel sauvage) regroupent en Algérie diverses causes (régénération des parcours, incinérations des chaumes, chercheurs de miel sauvage, bergers, échappement de véhicules, fumeurs, etc.) et ne représentent que 3,56 % de l'ensemble des feux identifie.

L'unique cause naturelle des incendies de forêt, reste la foudre, mais elle est très rare en Algérie ; à cause sans doute de la rareté des orages d'été.

L'explication de l'origine du feu de forêt par le seul

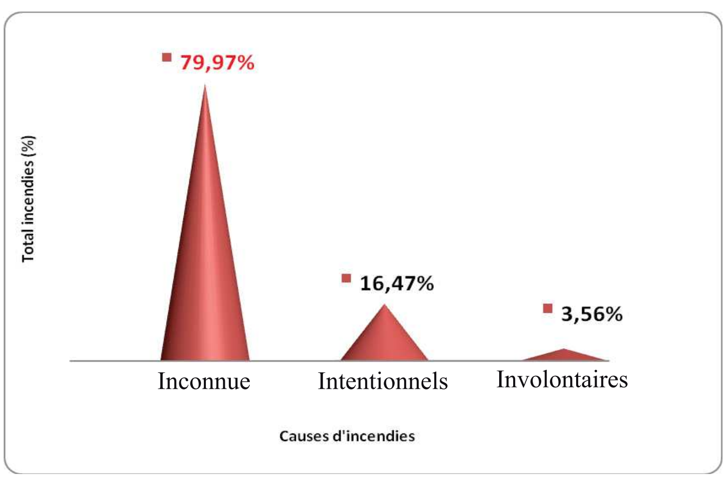


Figure 5 : Importance des superficies parcourues par le feu selon l'origine du feu (période 1985-2013)

fait climatique ne doit, néanmoins, pas être le seul argument à invoquer. Il faut répéter que, quelle que soit l'intensité de la sècheresse ou la force du vent, il n'y a pas d'incendie s'il n'y a pas de mise à feu par accident, négligence ou volonté criminelle. Il ne faut pas confondre la cause d'ignition (mise à feu), avec les facteurs aggravants, sécheresse, sirocco, embroussaillement, qui sont des causes structurelles (FAVRE, 1992).

Concernant l'importance des superficies parcourues par le feu selon les formations végétales pour la même période 1985-2013 (figure 6); MADOUI (2013) ; montre que, ce sont les formations forestières qui sont les plus touchées par les incendies, avec une moyenne de 20376 hectares par an, soit 58% de la superficie totale incendiée, ensuite, les maquis, avec 23 %, puis les broussailles 17 %. Les nappes alfatières sont également touchées par les incendies sur 312 hectares par an, soit 0,89 %.

Du point de vue essence forestière ; de pin d'Alep reste l'essence la plus touchée par le feu en Algérie, avec 48,36 % du total de la surface brûlée (figure 7). Ce qui est logique, car cette espèce résineuse prédomine et représente 68 % du total de la superficie forestière de l'Algérie. Le pin d'Alep, est réputé pour sa grande inflammabilité et son sous-bois dense favorable à la propagation rapide du feu (QUEZEL, 1976). Les pins et les conifères possèdent des quantités élevées de résines et autres produits très combustibles.

Les pins sont aussi des espèces qui propagent le feu quand leurs cônes roulent au sol en tombant, et leurs aiguilles enflammées peuvent être transportées par les courants thermiques que génère le feu. Le chêne-liège (Quercus suber) occupe la deuxième position, avec 34,33 % de surface brûlée au total. Là aussi, il est utile de relativiser puisqu'il occupe 21 % de la surface forestière totale. Il présente un son sous-bois encore plus dense est très inflammable et permet une progression rapide du feu. Selon (BOUDY, 1948) ; en Afrique du Nord, les boisements les plus sensibles et les plus vulnérables sont ceux du chêne-liège et du pin d'Alep. Les arbres de chêne liège résistent encore plus au feu (sauf si le feu vient juste après le démasclage. Les plantations d'eucalyptus, qui occupent en Algérie 2 % des terrains forestiers, enregistrent relativement aux autres essences naturelles d'importantes superficies incendiées, soit 2,93 % du total de la surface brûlée, et s'avèrent tout aussi sensibles au feu que la subéraie et la pineraie de pin d'Alep. L'eucalyptus, est une essence d'une sensibilité absolument affreuse ; car il contient une importante quantité d'huiles très inflammables dans son écorce (VARELA, 2004).

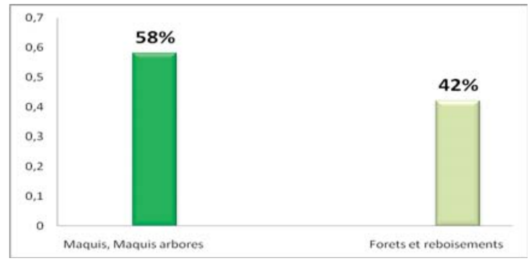


Figure 6: Importance des superficies parcourues par le feu selon le type de formation (période 1985-2013)

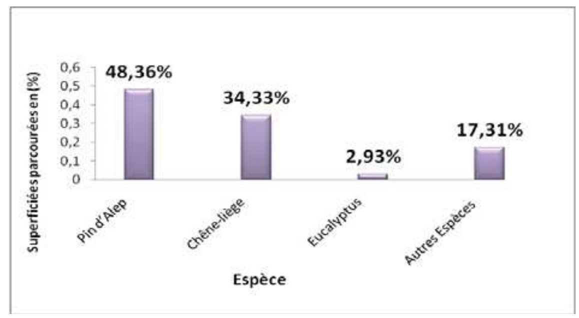


Figure 7: Importance des superficies parcourues par le feu selon les essences forestières (période 1985-2013)

3- DISPOSITIF DE PREVENTION ET LUTTE CONTRE LES FEUX DE FORETS

3-1- LA SENSIBILISATION DU PUBLIC

Plus de 42% des feux de forêts sont dus à l'homme et à ses activités ; dont 16% des mises à feu dont l'origine est connue résultent d'imprudences. Les actions de formation, d'éducation et de sensibilisation sont donc essentielles pour la prévention.

La formation doit être adaptée au public concerné pour développer un «comportement préventif» dans son domaine d'action : - les élus locaux, souvent en charge de la maîtrise d'ouvrage des travaux, et responsables de la mise en œuvre de la réglementation correspondante (débroussaillement…) ; - les acteurs directs de la prévention (forestiers, pompiers...) ; - les agriculteurs, les sylviculteurs et les entrepreneurs forestiers, appelés à intégrer le risque de mise à feu dans leurs pratiques professionnelles ; - les propriétaires riverains des terres à proximité de massifs forestiers qui doivent s'interdire le moindre feu en saison à risque et respecter la réglementation, notamment sur le débroussaillement, - Les responsables d'infrastructures de transport terrestre et de transport d'électricité qui doivent respecter la réglementation.

L'éducation s'adresse aux jeunes en âge scolaire, particulièrement réceptifs aux impératifs de la gestion durable des territoires ruraux, et de la forêt en particulier. La sensibilisation s'efforce de mobiliser des publics moins réceptifs et ceux qui ne sont que de passage dans les zones à risque, les touristes notamment.

Enfin, une information générale sur les journées de danger météorologique d'incendie (canicules), doit assurer par l'intermédiaire des services météorologiques à l'attention des services en charge de la protection des forêts contre les incendies.

2– L'EQUIPEMENT DES MASSIFS FORESTIERS

Pour prévenir les incendies de forêt, les massifs forestiers des régions sensibles sont équipés d'un réseau de routes et de pistes pouvant être mises en sécurité par un débroussaillement latéral entretenu, et réservées, en période de danger et d'intervention, à la circulation des services de surveillance et de lutte. Des points d'eau (citernes, bassins, retenues, forages) sont installés à proximité de ces accès pour assurer l'approvisionnement des unités qui interviennent sur les feux.

Ainsi l'installation de postes de vigies dans les endroits propices au niveau des massifs forestiers, permettent d'assurer ou de faciliter la surveillance et la détection précoce des départs de feu.

La mise en place des tranchées pare feu (TPF) permettent de cloisonner les massifs forestiers et limiter l'extension des grands feux, ou pour sécuriser la périphérie des zones urbanisées.

La réalisation de ces équipements est planifiée dans le Plan de protection des forêts contre les incendies, en concertation entre les services forestiers et les autres services concernés (protection civil, ministère de l'intérieur…).

3 - LA SURVEILLANCE DES MASSIFS FORESTIERS

3-1 PREVISION DU RISQUE METEOROLOGIQUE ET DE L'ETAT HYDRIQUE DE LA VEGETATION

Un premier niveau de veille consiste à évaluer le niveau de risque météorologique. Il est assuré par des prévisionnistes de services météorologiques.

Ainsi à l'aide de l'utilisation du SIG, et de la cartographie, les services des forets doivent préparer un découpage pour chaque massif forestier en zones homogènes pour lesquelles sont calculés différents indices prenant en compte les paramètres météorologiques, type de végétation ainsi que la réserve en eau du sol. Ces indices permettent de classer chaque zone d'après une échelle de risque.

Le dispositif de surveillance et d'alerte constitue le second niveau de veille. Il doit être mis en œuvre pour organiser l'ordre d'opérations qui définit, suivant l'intensité du risque, la mobilisation et l'organisation des services qui concourent à la prévention et à la lutte contre les incendies de forêt.

4 - LA PLANIFICATION DES ACTIONS

La planification des actions de prévention des incendies de forêt est effectuée au travers différents outils législatif et réglementaires qui sont complémentaires. Ainsi l'application rigoureuse concertée entre les différentes structures concernées par les textes législatifs et réglementaire est nécessaire à mettre en place. A travers l'élaboration d'un document dit Plan de protection des forêts contre les incendies, ce dernier est spécifique de la problématique feux de forêt. A l'échelle locale ou régionale, ils définissent et orientent la stratégie et la programmation des actions en matière de prévention (défense des fortes contre les incendies) coordonnée avec les besoins exprimés par les services des forets et les acteurs de la lutte.

4-1 LE DEBROUSSAILLEMENT

4-1-1 DEBROUSSAILLEMENT OBLIGATOIRE A PROXIMITE DES HABITATIONS

Le débroussaillement et le maintien en état débroussaillé sont hautement conseillés. Il s'agit du débroussaillement autour des constructions, installations et terrains. Le débroussaillement doit être effectué sur une profondeur minimum de 50 m autour des constructions et installations. Les voies d'accès doivent également être nettoyées de part et d'autre sur une profondeur 10 m.

4-1-2 DEBROUSSAILLEMENT LE LONG DES INFRASTRUCTURES

Le débroussaillement et le maintien en état débroussaillé dans les cas suivants :

- voies ouvertes à la circulation publique; cette servitude s'applique sur une profondeur maximum de 20 m de part et d'autre de l'emprise de la voie dans la traversée des massifs forestiers et dans les zones se trouvant à moins de 200 m de terrains forestiers ; ces dispositions sont applicables aux voies ouvertes à la circulation publique.

- voies ferrées il s'agit des infrastructures ferroviaires, lorsque des terrains forestiers se trouvent à moins de 20 m de la voie ; les services des forets fixent la largeur de débroussaillement.

- lignes électriques les services des forets peuvent proscrire aux services de Sonalgaz ; transporteurs d'énergie électrique exploitant des lignes aériennes de prendre des mesures de sécurité nécessaires et de débroussailler une bande de terrain de part et d'autre de l'axe des lignes électriques.

CONCLUSION

Au cours de la période s'étalant de 1963-2007(45 ans) ; la superficie incendiées a été évaluée à presque 1556807 ha. Ainsi, nous remarquons une certaine accalmie, car les superficies brulées ont diminué par rapport à la période coloniale, où la moyenne annuelle était 41258 ha (soit 16% de moins).

Les années 1965, 1967, 1971, 1977, 1978, 1993, 2000 et 2007, restent aggravées dans la mémoire des forestiers et sont classées comme catastrophiques à cause des bilans lourds enregistrés durant ces derniers ou la forêt Algérienne a été touchée par de grands feux, dépassant largement la moyenne de la période 1963-2007, soit entre 40000 et 60000 ha.

Deux records absolus dépassant largement celui de 1956 (204220 ha), il s'agit des années 1983 et 1994, avec respectivement 221367 ha et 271598 ha! Ces deux années, à elles seul totalisent 492 965 ha, soit un taux de 32% sur le totale de la chronologie actuelle (45 ans).

Cette analyse a montré aussi que depuis les années 1990, les mises à feu volontaires, sous prétexte de lutter contre l'insécurité, ont provoqué une destruction irréversible d'une majorité de la couverture forestière. Ceci a contribué à fragiliser encore nos écosystèmes forestiers et ont provoqué par conséquent une érosion des sols qui se manifeste après chaque averse estivale par des inondations, parfois catastrophiques en aval des montagnes.

Enfin on peut dire que cette analyse sur les causes d'incendies et de leur importance relative, en Algérie pour les périodes étudiées, met en évidence l'insuffisance des résultats acquis en matière d'identification des sources de départ de feux. Ceci montre les efforts qui doivent être entrepris pour cerner au mieux les causes des incendies de forêts et réduire au minimum leurs effets. Une recherche plus active des causes aurait certainement un effet de prévention marqué.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

ABI-SALEH, B. ; BARBERO, M. ; NAHAL, 1. ; QUEZEL, P., 1976 ; Les séries forestières de végétation au Liban, essai d'interprétation schématique. Bull. Bot. Fr., 123, 541660.

BARY, J.P. (1960).»Contribution à l'étude de la végétation de la région de Nîme.» Année Biologique, 3ème série, 36:311-550.

BEKDOUCHE F., 2010- (Nord Algérien). Thèse, Doct. Univ. Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 139p + annexe 1.

BEKDOUCHE, F., A. DERRIDJ, et F. KROUCHI, (2008).»Evolution après feu de la composition floristique de la subéraie de Mizrana (Tizi-Ouzou, Algérie).» Sciences & Technologie C 28: 19-29.

BENSAÏD S., GASMI A. ET BENHAFIED I., 2006- Les forêts d'Algérie, de Césarée la romaine à ce jour. Rev. Forêt méditerranéenne, T.XXVII, n□ 3, 271p.

BNEDER. 2009. Plan national de développement forestier (PNDF). Rapport de synthèse national : 87P.

BOUAOUNE, D., et M. DAHMANI-MEGREROUCHE, (2010).»Reconstitution de données climatiques pour l'Algérie du Nord : application des réseaux neuronaux.» C. R. Geoscience 342 : 815–822

BOUDY, P. (1948).Economie forestière nord-africaine. Tome 1, Milieu physique et milieu humain. Edition Larose, Paris, 686 P.

BOUDY P., 1952. Guide forestier en Afrique du Nord. 505 p. Ed. La maison rustique, Paris

BOUDY P., 1955. Economie forestière nord-africaine. Tome IV, Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. 483 p. Ed. Larose, Paris

BRAUN-BLANQUET, J.1936 : La chênaie d'yeuse méditerranéenne. — Mém, Soc. Nat., Nîmes.

DE BEAUCOUDREY, P. (1938). Les forêts. 24 p. Extrait du volume Algérie et Sahara. Paris.

DE RIBBE CH., 1866. «La question des incendies de forêts dans l'Algérie et dans les Maures de la Provence.» Rev. Agr. Forest., Provence, p. 201-213.

DGF., 2007- Indication arrêté au 31/12/2007

DIMITRAKOPOULOS A., 1995 - Analyse des causes des feux de forêt en Grèce. Options Méditerranéennes, Série A. Séminaires Méditerranéens, 25 : 33-40.

DJELLOULI, Y. (1990).Flore et climat en Algérie septentrionale. Déterminismes climatiques de la répartition des plantes, Thèse de doctorat, université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, Alger.

FAVRE, P. (1992). Feux et forêts. Dossier « Les feux de forêt et la sécheresse en 1990 ». Forêt Méditerranéenne 13 : 31-40. www.foret-medi-terraneenne.org/fr/catalogue

GHAZI A., 2005. Evaluation des ressources forestières mondiales 2005. Algérie, Rapport national. FOA. Rome, 45p.

GOUSSANEM M., 2000. Etude prospective de secteur forestier (FOSA) Algérie. pp 6-7.

GUILLERME J.-L. et L.TRABAUD, (1980).»Les interventions récentes de l'homme sur la végétation au nord de la Méditerranée et plus particulièrement dans le sud de la France.» Naturalia Monspeliensia, N° Hors Série, p. 157-171.

KADIK B., (1987) . Contribution à l'étude du pin d'Alep (Pinus halepensis Mill) en Algérie: Ecologie, Dendrométrie, Morphologie. Ed. OPU, Alger, 585 p.

KAZI AOUAL N., RACHEDI S., 2010-Atelier sur « La génération des forêts par l'utilisation des eaux usées traitées» expérience Algérienne. Hammamet, pp 34-36.

KUNHOLTZ-LORDAT, G. (1938). La terre incendiée, essai d'agronomie comparée.» Ed. Maison carrée Nîmes, 361 p.

KUNHOLTZ-LORDAT, G. (1958). L'écran vert. Ed. du Muséum, Paris, 276 p.

LE HOUEROU, H.N. (1980). «L'impact de l'homme et de ses animaux sur la forêt méditerranéenne». Forêt Méditerranéenne, - 1ère partie: II(1): 31-44- et 2ème partie: (2):155-174.

LOUNI D., 1994. Les forêts algériennes. Forêt méditerranéenne t. XV, n°1.

MADOUI, A. (2000).»Forest fires in Algeria and case of domanial forest of Bou-Taleb.» Inter. Forest Fires News, April, 22: 9-15, ECE/FAO, Agriculture and Timber Division, Geneva.

MADOUI, A. (2002).»Les incendies de forêt en Algérie: Historique, bilan et analyse.» Forêt méditerranéenne 23(1): 23-30

MADOUI 2013. Les incendies de forêts en Algérie. Étude de l'évolution après feu des peuplements de Pinus halepensis Mill dans l'Est algérien. Cas de la forêt de Bou-Taleb, du reboisement de Zenadia et du parc national d'el Kala. Thèse, Doctorat en sciences Université Ferhat ABBAS de Sétif

MADOUI, A. ET J. M. GEHU (1999). «Etat de la végétation dans la forêt du Bou-Taleb: Mont du Hodna, Algérie.» Forêt méditerranéenne 20(4): 162-168.

MADOUI, A., J. M. GEHU, ET D. ALATOU (2006). «L'effet du feu sur la composition des pinèdes de Pinus halepensis Mill dans le nord de la forêt de Bou-Taleb, Algérie.» Ecologia mediterranea 32: 5-13.

MADOUI, A. & M. KAABECHE, (2010). «Régénération post-incendie du pin d'Alep dans les reboisements de la région de Sétif». Séminaire International en Biologie Végétale et Ecologie le 22-25 novembre, Constantine.

MARC, P. (1916).»Les incendies de forêts en Algérie». in Notes sur les forêts de l'Algérie. Typographie Adolphe Jourdan. Imprimeur-libraire-Editeur, Alger.

MATE 2001, ″ Rapport sur les villes nouvelles ″

MATE., 2003-Plan d'action et stratégie national sur la biodiversité. Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à l'évaluation et la réduction des risques menaçant les éléments de la diversité biologique en Algérie.T.VI, Projet Alg /97/G31, 93p.

MEDDOUR-SAHAR O., MEDDOUR R. ET AREZKI D., 2008. Analyse des feux de forêts en Algérie sur le temps long (1876-2007) revenue. Les notes d'analyse du CIHEAM, N°39, 6p.

MEDDOUR-SAHAR., AREZKI DERRIDJ, 2012. Bilan des feux de forêts en Algérie: analyse spatio-temporelle et cartographie du risque (période 1985-2010).

MORAVEC, J. (1990).»Regeneration of NW African Pinushalepensis forests following fire.» Plant Ecology 87(1): 29-36.

ONS, 2012. Premier Recensement Economique - 2011 - Résultats Préliminaires de la première phase. Série E : Statistiques Economiques. N° 168

OZENDA, P. (1982).Les végétaux dans la biosphère. Ed. Doin, Paris. 431p.

PEYERIMHOFF, P. 1941. Notice sur la carte forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Bacconnier, Alger, 71 p. 1 Vol. Imp. Pape Baconnier Frères : 70 p., 1 carte.

QUEZEL P, 1976. Les forêts du pourtour méditerranéen. Forêts et maquis méditerranéen. Ecologie, conservation et aménagement. Note technique du MAB/UNESCO (2) : 9-31.

QUEZEL, P. et BARBERO, M. -1985- Carte de la végétation potentielle de la région méditerranéenne I: Méditerranée Orientale Ed. C.N.R.S., Paris: 69 p + carte.

REBAI, A. (1986).»Les incendies de forêts dans la wilaya de Mostaganem (Algérie). Etude écologique et proposition d'aménagement.» Thèse de Docteur de Spécialité écologie méditerranéenne, option : Phytoécologie. Fac. Sci. Tech. St Jérôme, 130 p.

SEIGUE A., 1985- La forêt circumméditerranéennes et ses problèmes, techniques agricoles et productives méditerranéennes. Ed. Maisonneuvre et Larous, Paris, 502p.

TITAH A., 2011- Adaptation au changement climatique des conditions cadres de la politique forestier dans la région Mena. 2ème Semaine forestière méditerranéenne, Avignon, 5p.

TRABAUD, L. (1970).»Quelques valeurs et observations sur la phyto-dynamique des surfaces incendiées dans le Bas-Languedoc. (Premiers résultats).» Naturaliamonspeliensia, Sér. Bot. 21: 213-242.

TRABAUD, L. (1980). «Impact biologique et écologique des feux de végétation sur l'organisation, la structure et l'évolution de la végétation des garrigues du Bas Languedoc.» Thèse Doctorat Etat Sciences, Univ. Sci. Tech. du Languedoc, Montpellier, 288 P.

TRABAUD, L. (1983). «Risques d'incendie et accroissement de la végétation dans la région méditerranéenne française.» Rev. Gén. Sécurité, 25: 41-46.

TRABAUD, L. (1992). «Réponses des végétaux ligneux méditerranéens à l'action du feu.» Pirineos, 140: 89-107.

VARELA, MC. (2004).Le chêne-liège et les incendies de forêts : le cas portugais 2004. Colloque Vivexpo « Le chêne-liège face au feu », Perpignan. www.vivexpo.org

VELEZ, R. (1990). «Protection contre les incendies de forêts : principes et méthodes d'action.» Options méditerranéennes, Série B : Etudes et recherches, Numéro 26, CIHEAM, 118 p.

VELEZ, R. (1992).Incendies de forêts dans les pays de la région méditerranéenne. Centre International pour l'Environnement alpin, p. 91-107.

ZOUAIDIA, H. (2006).»Bilan des incendies de forêts dans l'Est algérien. Cas de Mila, Constantine, Guelma et Souk-Ahras.» Mémoire de magister en écologie végétale, université de Constantine. 155 p.

Reseau de veille phenologique et changements climatiques en milieu oasien

F. Lakhdari[1], M. Roumani[1], B. Nia[1], M.K. Bensalah[1], A. Bencheikh[1], Z. Benguega[1], N. Koul[1], K. Lakhdari[1], N. Dakhia[1] & A. Benaziza[2]

1, Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides (CRSTRA), Biskra, Algérie
2, Université de Biskra, Algérie

Résumé

Afin de cerner les phases critiques du cycle phénologique du palmier dattier d'analyser des réponses au stress résultant des variations climatiques et des perturbations phénologiques. D'autre part, des sites de référence ont été sélectionnés dans différentes entités agro-écologiques (Ziban, Touat, Gourara, Tassili Nadjer et Tidikelt) à travers le Sahara.

Dans les entités suscitées, les résultats préliminaires obtenus ont montré qu'il y avait une perturbation dans l'apparition des stades d'émergences des spathes « ES » et la maturité « M » des cultivars choisis dans ce travail durant la période 2012-2015. Cette perturbation est liée aux variations de la TMMJ (température moyenne mensuelle journalière) durant la période d'observation.

Mots clés : palmier dattier, stades phenologiques, changements climatiques, entités agroécologiques.

Phenological monitoring network and climate change in an oasis environment

Abstract

To identify the critical phases of phenological cycle of date palm analyze responses we carried out an analysis of the stress responses resulting from climatic variations and phenological disturbances. On the other hand, reference sites were selected in different agro-ecological entities (Ziban, Touat, Gourara, Tassili Nadjer and Tidikelt) across the Sahara.

The preliminary findings of these entities showed that there was a disturbance in the development of the emergence stages of the spathes «ES» as well as the maturity «M» of the chosen cultivars in this work during the period 2012-2015. This disturbance is related to changes in TMMJ (daily and monthly average temperatures) during the observation period.

Keywords: *date palm, phenological stages, climate changes, agro-ecological entities.*

Auteur correspondant

F. Lakhdari
Directrice générale du CRSTRA

1. INTRODUCTION

Le palmier dattier (Phoenix dactylifera L.), célèbre pour la richesse en sucres de ses fruits (dattes), est cultivé par l'homme depuis 4000 av J-C, est économiquement une culture importante en Moyen Orient et en Afrique du Nord et de plus en plus dans d'autres régions où le climat est convenable (Zhang et al., 2012). En effet, il présente une source de revenus pour les habitants des oasis, procure une protection aux sous-cultures de la sévérité du climat et réduit les dégâts des tempêtes de sable et de l'érosion éolien(Mohamed Vall et al., 2011). Pour murir, le fruit exige une période de chaleur à travers la pollinisation jusqu'à maturité complète et la longueur de cette période est critique dans le choix de certains cultivars pour une zone géographique donnée (Sirisena et al., 2015). Les pluies ou une humidité élevée durant la fructification augmentent le risque de la craquelure du fruit et l'apparition des maladies fongiques. Des étés longs avec des températures diurnes et nocturnes élevées, et des hivers doux, ensoleillés et secs sans gelées sont les conditions climatiques idéales pour cette espèce (Shabani et al., 2012).

Cependant, les enregistrements du thermomètre montrent qu'à travers les 30 dernières années, la moyenne globale des températures de la surface du globe ont augmenté par 0,28 par décade (Hansen et al., 2006) . En effet, le changement du climat pourrait influencer le fonctionnement de plusieurs écosystèmes et la santé biologique des plantes et des créatures (McMichael, 2003). Les stress sur le système climatique ont déjà causé des impacts sur la surface de la terre. Ceux-ci incluent non seulement l'augmentation des températures de la surface mais aussi l'élévation de la fréquence des inondations et des sécheresses, et des changements dans les écosystèmes naturels comme la floraison précoce, et les déviations vers le pôle dans la distribution des espèces (McMichael et al., 2003).

L'importance de la phénologie à la science du changement global a été de plus en plus étudiée. Ce changement a commencé avec des études empiriques et de modélisation démontrant que la phénologie de la plante, connue comme sensible d'une année à l'autre à la variabilité du climat, pourrait aussi servir comme un indicateur des impacts biologiques à long-terme du changement climatique sur les écosystèmes terrestres (Schwartz, 1998, Bradley et al.,1999). Ainsi, le changement global du climat pourrait altérer significativement la phénologie de la plante car les températures influencent le moment de développement seules et à travers les interactions avec d'autres indices comme la photopériode (Bernier, 1988 ; Partanen et al., 1998).

Cette étude porte sur le suivi des différents stades phénologiques et des paramètres liés au climat en faisant participer les agriculteurs comme partenaires potentiels dans l'observation et la transmission des informations au niveau de cinq zones (Gourara, Touat, Tidiklet, Tassili N'Djer et Ziban) de plusieurs

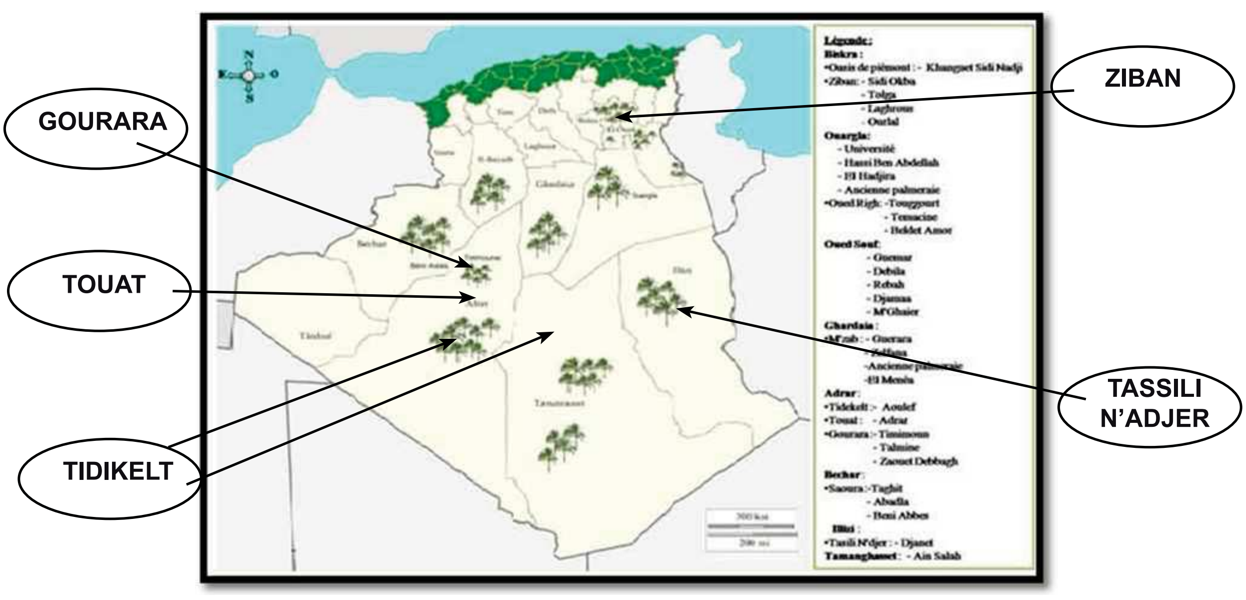


Figure 1: Carte de la répartition des zones d'observation et de suivi des stades phénologiques du palmier dattier en Algérie.

Date : ....

Entité écologique : .... Nom de l'observateur : ....

Cultivar concerné : ....

Nature de la datte : Sèche, Molle ou Demi molle : ....

Wilaya : .... Commune : .... Lieu dit : ....

Stades phénologiques		Dec avant	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jlt	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
Emergence spathes	Mâles													
	Femelles													
Ouverture spathes	Mâles													
	Femelles													
Pollinisation	Début													
	Fin													
Maturité Tmar	Début													
	Fin													
Récolte														
Apparition Boufaroua														
Apparition pyrale														
Autres ennemis et/ou maladies														

Qualité organoleptique : datte molle ou desséchée, couleur, goût et forme :
Informations supplementaires :

Figure 2 : Fiche d'observation et de suivi émanant de l'atelier méthodologique.

zones choisies dans le sud de l'Algérie. A cet effet, un atelier méthodologique a été organisé en novembre 2011 (la station expérimentale du milieu biophysique de l'Oued Righ, CRSTRA) a impliqué des agriculteurs (phoeniciculteurs), des chercheurs et des techniciens de différentes institutions (Institut national de la recherche agronomique, Office national de la météorologie,…….et le Centre de la recherche scientifique et technique sur les régions arides).

2. MATERIEL ET METHODES

Le réseau de ce programme de suivi des stades phenologiques des différents cultivars du palmier dattier est réalisé dans différents zones identifiées selon un transect Sud-Nord et d'Est en Ouest.

- La carte ci-dessous montre la répartition des différentes zones d'observation faisant partie de ce réseau (Fig. 1)

Le suivi des stades phenologiques des différents cultivars du palmier dattier (selon leur consistance : Molle « M «, Demi-Molle «DM» et Sèche «S») est réalisé selon un modèle de fiche d'enquête (Fig. 2). En effet, l'agriculteur saisit ces observations en décades à l'intérieur de chaque case mensuelle (ex. 1-10 dans la case de février).

Au moment opportun, l'enquêteur réalise des sorties périodiques dans les zones retenues pour récupérer les fiches de renseignement remplies par les observateurs (agriculteurs) où ils ont enregistrés la date exacte de chaque stade de développement (de l'émergence des spathes jusqu'à la maturité complète du fruit) ainsi que toutes les informations possibles qui pourraient être utiles pour l'étude.

Parallèlement compte tenue de leur impact majeur sur les stades phenologiques des plantes. Aussi, les températures moyennes journalières ont été enregistrées pour mieux comprendre les changements du déclenchement des stades phenologiques. Cette étude a porté sur le suivi décadaire des stades phénologiques (émergence des spathes ''ES'' et maturité ''M'') et cela sur 15 cultivars retenus au niveau des cinq zones sahariennes. Ces observations ont été effectuées pendant quatre campagnes consécutives de 2012 à 2015.

3. RESULTATS

3.1 Evolution des deux stades phenologiques

Tous les cultivars suivis dans ce travail ont montré une perturbation en matière de ES et M. et cela dans toutes les zones d'observation au Touat, le nombre de décades pour atteindre le stade de ES et M des trois cultivars ont fluctué au cours de la période considérée. pour atteindre le stade ES, le nombre de décades a oscillé entre 4 (40 jours) et 6,67 (66,7 jours) selon les années de suivi le stade M ce nombre a varié entre 19 et 25,3 décades (Fig. 3).

La température moyenne journalière TMMJ du mois de février, qui coïncide généralement avec le stade ES, a augmenté de 5,54 °C durant la période 2012-

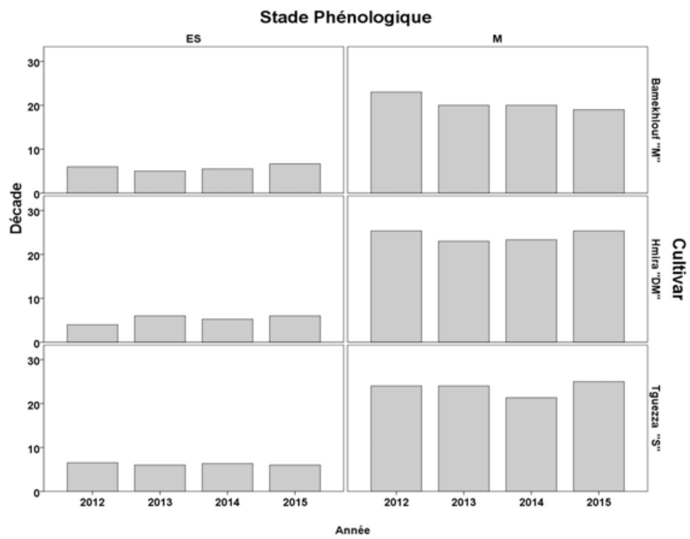


Figure 3 : Nombre de décades d'émergence des spathes «ES» et maturité «M» de trois cultivars à Touat durant la période 2012-2015.

2015 alors que celles des mois de juillet et août (moment de la maturité) a augmenté respectivement de 1,13 et 1,26 °C durant cette période (Fig. 4).

Devant la période d'observation en ce qui concerne la zone de Tassili N'Djer, le nombre de décades nécessaire pour atteindre le stade ES a varié de 2 à 9 décades. Selon les variétés de datte au stade M, ce nombre est compris entre 18 et 29 décades (Fig. 4).

L'augmentation de la TMMJ était de l'ordre de 0,82 °C en mois au mois de février. Par contre, une diminution a été enregistrée durant les mois de juillet et d'août de 2,28 et 0,97 respectivement.

Dans l'entité de Tidiklet, le nombre de décades pour atteindre le stade ES a varié de 2012 à 2015 de 3 décades selon le cultivar (Fig. 6). Pour le cas de la M, une certaine stabilité a été constatée.

Une augmentation notable de la TMMJ a été enregistrée. En fait, elle a grimpé de 3,71°C en février tandis qu'en juillet et août, la TMMJ a diminué de 3,16 et 2,32 respectivement. En septembre où la maturité du cultivar Ahertane se produit le plus souvent, la TMJ a augmenté de 1,67°C (Fig. 4).

Dans les Ziban, l'observation a concernée uniquement deux années car les données de 2012 et 2015 étaient indisponibles., le nombre de décades d'émergence des spathes varie 5 à 7 entre 2013 et 2014 alors que celui de la maturité a varié entre 29 à 33,5 décades durant la même période (Fig. 7).

La TMMJ a augmenté de 2,82 °C pendant le mois de février et a diminué de 0,61 en octobre puis a augmenté de 1,23 °C au mois de novembre qui coïncide avec la maturité des cultivars Ghers, Deglet Nour et Mech Degla (Fig. 4).

Enfin, dans l'entité de Gourara, le nombre de décades nécessaires pour atteindre le stade ES a fluctué de 2,5 à 7 tandis que celui de la M a fluctué de 18,5 à 30 décades (Fig. 8).

La TMMJ a augmenté de 5,71 °C au mois de février. Durant les mois de juin jusqu'au mois de novembre où la maturité des cultivars Echikh, Takerboucht et Tinasser survient, la TMMJ a diminué d'environ 6,67°C (Fig. 4).

4. DISCUSSION

Dans la littérature, la majorité des travaux sur l'effet des changements climatiques et plus particulièrement ceux des températures sont basés sur des modèles climatiques (simulations) qui prédisent des variations à long terme. Des simulations ont montré un avancement dans la maturité du blé d'hiver et de printemps en Europe de 1-2 semaines à l'horizon de 2050 (Trnka et al., 2014, Olesen et al., 2012) alors que Semenov et al. (2009) ont prédit que la date de maturité pourrait se produire environ 21 jours plus tôt sous un changement du climat prévu en 2050.

CONCLUSION

Notre travail avait pour objectif de suivre la phénologie du palmier dattier dans le temps au niveau des zones agro climatiques du Sahara Algérien. En fait, la température est le facteur principal influant sur le

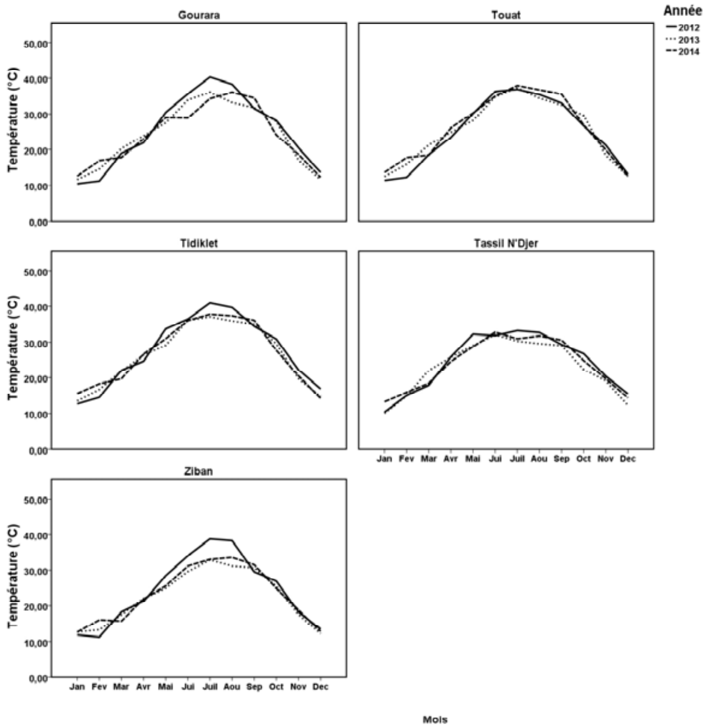


Figure 4: la Température moyenne journalière mensuelle (TMJM) des cinq zones écologiques durant la période 2012-2014.

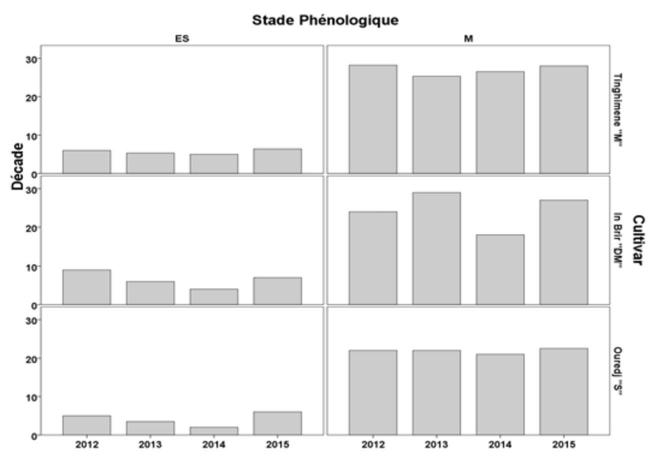


Figure 5 : Nombre de décades de l'émergence des spathes «ES» et la maturité «M» de trois cultivars à Tassili N'Djer durant la période 2012-2015.

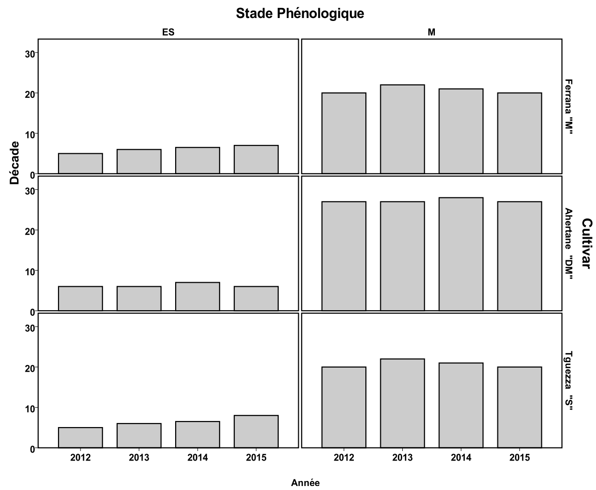


Figure 6 : Evolution du nombre de décades de l'émergence des spathes «ES» et la maturité «M» de trois cultivars à Tidiklet durant la période 2012-2015.

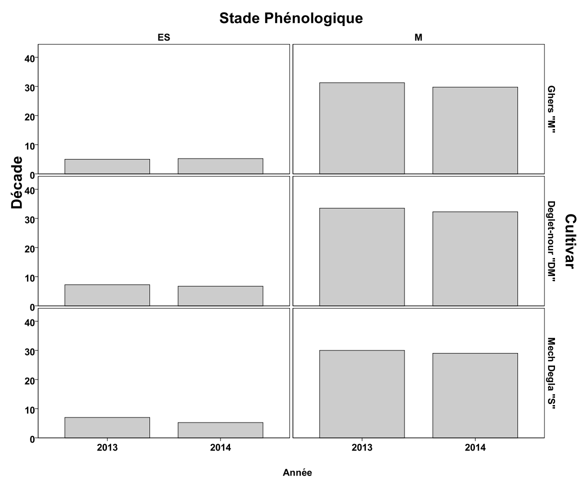


Figure 7 : Nombre de décades de l'émergence des spathes «ES» et la maturité «M» de trois cultivars au Ziban durant la période 2013-2014.

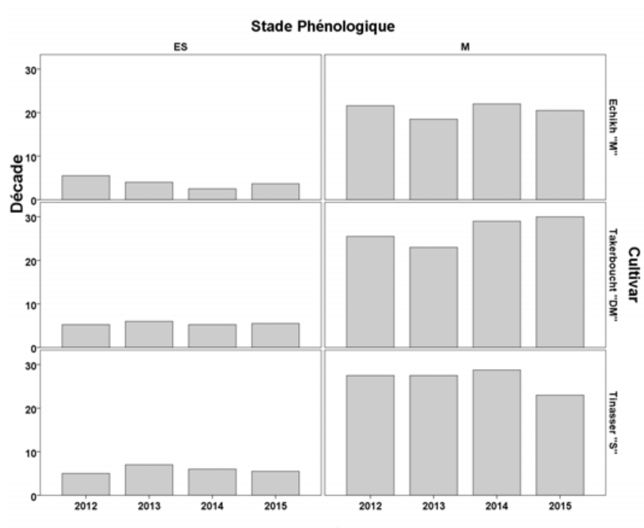


Figure 8 : Nombre de décades de l'émergence des spathes «ES» et la maturité «M» de trois cultivars à Gourara durant la période 2012-2015.

taux de développement de la plante. Des températures chaudes prévues avec changement du climat et le potentiel pour les cas de température plus extrêmes auront un impact sur la productivité de la plante. De cette situation nous avons révélé une variation au niveau de la durée des stades de la floraison et de la maturité des dattes. Il ressort une forte fluctuation dans le temps nécessaire pour l'émergence des spathes et la maturité selon les zones, les années et la variété. Un avancement de la date de récolte des dattes dans les Ziban d'environ 20 jours (actuellement en Septembre) a aussi été remarqué. Il est fort probable, compte tenu du réchauffement climatique, que les stades phénologiques et notamment la maturité, comme cela est déjà mis en évidence, se sont fortement avancés avec risque éventuel de déplacement des terroirs et des cultivars du palmier dattier ainsi que de la qualité du produit.

5. REMERCIEMENTS

Les co-auteurs remercient vivement M. Mohammed Faci (Division : Etude et gestion des risques climatiques, CRSTRA) pour sa précieuse aide en matière de données climatiques.

6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bernier, G. (1988). The Control of Floral Evocation and Morphogenesis. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 39(1), 175–219. http://doi.org/10.1146/annurev.pp.39.060188.001135

Bradley, N. L., Leopold, C. A., Ross, J., & Huffaker, W. (1999). Phenological changes reflect climate change in Wisconsin. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 96(August), 9701–9704. http://doi.org/10.1073/pnas.96.17.9701

Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Lo, K., Lea, D. W., & Medina-Elizade, M. (2006). Global temperature change. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 103(39), 14288–14293. http://doi.org/10.1073/pnas.0606291103

cMichael, A. J., Campbell-Lendrum, D. H., Corvalán, C. F., Ebi, K. L., Githeko, A. K., Scheraga, J. D., & Woodward, A. (2003). Climate change and infectious diseases. Climate change and human health: risks and responses. World Health Organization. http://doi.org/10.2307/2137486

Mohamed Vall, O., Mohamed Ahmeda, B., Zein Elabidine O. Bounaa, Fouteye M. Mohamed, L., Taleb Khyar, O. D., Trifi, M., & Ali O., M. S. (2011). Use of multivariate analysis to assess phenotypic diversity of date palm (Phoenix dactylifera L.) cultivars. Scientia Horticulturae, 127(3), 367–371. http://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.11.011

Olesen, J. E., Børgesen, C. D., Elsgaard, L., Palosuo, T., Rötter, R. P., Skjelvåg, A. O., … van der Fels-Klerx, H. J. (2012). Changes in time of sowing, flowering and maturity of cereals in Europe under climate change. Food Additives & Contaminants: Part A, 29(10), 1527–1542. http://doi.org/10.1080/19440049.2012.712060

Partanen, J., Koski, V., & Hänninen, H. (1998). Effects of photoperiod and temperature on the timing of bud burst in Norway spruce (Picea abies). Tree Physiology, 18(12), 811–816. http://doi.org/10.1093/treephys/18.12.811

Schwartz, M. D. (1998). The phylogeny of The Canterbury Tales. Nature, 394, 839–840. Retrieved from http://dx.doi.org/10.1038/29667

Semenov, M. A., Martre, P., & Jamieson, P. D. (2009). Quantifying effects of simple wheat traits on yield in water-limited environments using a modelling approach. Agricultural and Forest Meteorology, 149(6-7), 1095–1104. http://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.01.006

Shabani, F., Kumar, L., & Taylor, S. (2012). Climate Change Impacts on the Future Distribution of Date Palms: A Modeling Exercise Using CLIMEX. PLoS ONE, 7(10), 1–12. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0048021

Sirisena, S., Ng, K., & Ajlouni, S. (2015). The Emerging Australian Date Palm Industry: Date Fruit Nutritional and Bioactive Compounds and Valuable Processing By-Products. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 14(6), 813–823. http://doi.org/10.1111/1541-4337.12162

Trnka, M., Rötter, R. P., Ruiz-Ramos, M., Kersebaum, K. C., Olesen, J. E., Žalud, Z., & Semenov, M. a. (2014). Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. Nature Climate Change, 4(May), 637–643. http://doi.org/10.1038/NCLIMATE2242

Zhang, G., Pan, L., Yin, Y., Liu, W., Huang, D., Zhang, T., … Yu, J. (2012). Large-scale collection and annotation of gene models for date palm (Phoenix dactylifera, L.). Plant Molecular Biology, 79(6), 521–536. http://doi.org/10.1007/s11103-012-9924-z

Quel lien anthropologique entre les dattiers caledoniens et australiens?

Mélica OUENNOUGHI

Phd Anthropology
Report and History of the movement penal colony North African in Oceania during 19th century.
Membre de la Société des Océanistes.

Résumé

Pour une contribution aux politiques de développement contre les désertifications, les canicules et les secheresses de notre Planète.
Mes travaux sur la biodiversité des dattiers en Nouvelle-Calédonie et leur typologie, des suites des affres de la déportation et des aléas de leur intégration (Cf. Behind the date palms in New Caledonia, M. Ouennoughi, Co-signature F. Kahn (IRD), Palms USA, 2005) informent d'une riche tradition kanak recoupant avec les traçabilités historiques de l'existence du voyage forcé du dattier en Nouvelle-Calédonie et ma localisation de « puits à Chadouf », recrées par la déxtérité des savoir- faire de cultivateurs algériens (fellahs) durant le XIXe siècle. (Le voyage forcé du dattier en Nouvelle-Calédonie, M. Ouennoughi & Co-signataire D. Dubost, Sciences et Changements planétaires Sécheresse, 2005). Ces travaux attestent la présence historique d'une culture millénaire phoenicicole ayant contribué aux luttes contre la désertification. (IRD Agropolis, 2006 ; Les Journées Internationales sur la désertification et le développement durable, 2006 et sur l'Impact du changement climatique sur les Régions). Les faits migratoires forcés m'amènent à compléter mes premiers travaux vers d'autres zones phoenicioles océaniennes localisées durant le XIXe siècle. Le vieux dicton kanak de Nouvelle-Calédonie que j'ai pu récolté de mes premiers terrains en Océanie en 1999 : « Lorsque que tu vois un dattier, c'est qu'il y a un « Vieil Arabe » qui est passé par là », nous révèle l'existence d'un maintien d'une tradition phoenicicole symbolique véhiculée sur le plan artistique, culturo-politique et sociale, ayant fait l'objet d'une première projection d'iconographies sur l'Histoire de Biskra spéciquement autour des palmeraies et des anciennes zaouias. (Histoire des Maghrébins du Caillou, Palmier-dattier et Biodiversité, Centre Culturel Tjibaou, Nouméa, 2007). Selon nos dernières enquêtes, la tradition aborigène nous révèle l'existence de souches dattières issues de semis de noyaux, du passage d'hommes issus d'anciennes zaouias. Mes travaux ont localisé de vieux cimetières des Saints patrons. Leurs semis de noyaux ont formé des souches saines en attente d'être expérimentées, ces souches ont été porteuses de noyaux dispersés en Australie à partir de 1885. Les études en cours pourraient bien nous informer que leur évasion fut liée à la diffusion de leurs racines sahariennes et aux origines du soufisme. Les noms des vieux dattiers autraliens porteraient-ils la mémoire des concervateurs oasiens des territoires politiques kanaks de Nouvelle-Calédonie ?
En premier lieu, nous décrirons par la projection d'un « schéma anthropologique », le lien historique d'une culture vivace ayant marquée l'envionnemnet des tribus kanaks et des tribus aborigènes que sont les autochtones d'Australie. Puis, nous projeterons un échantillon de dattiers séculaires australiens localisés dans les régions des zones étudiées. Nous expliquerons enfin par une série de questionnements, comment des souches dattières découvertes par les tribus aborigènes auraint été à l'origine de développement économique et tourisique en Australie ? Comment les anciens semis de noyaux de dattes issus du XIXe siècle ont laissé place au développement d'une mono-culture adaptée au monde océanien ? Comment depuis les années 1960, une importante production de dattiers australiens a-t-elle contribué à la lutte contre les zones de sécheresse et d'aridité sans tenir compte de la dimension anthropologique sur l'existence de vielles souches héritières des semis de noyaux jetés à la fin du XIXe siècle ? Nous conclurons en donnant des exemples de travaux d'anthropogie sur les migrations de matériel végétal et l'impact sur l'Homme et la dispersion des espèces, sur les études d'une anthropologie progressiste impliquée dans le post-anthropocene aux Etats-Unis.
Les catastrophes naturelles liées aux canicules provoquent les dispersions d'espèces en biodiversité issues de souches anciennes, cette méthode « post-anthropocene » peut fournir au biologiste biosystématicien et biogéographe, un canevas pour tester les migrations de matériel végétal et évaluer l'impact de l'homme sur la dispersion des espèces.

Auteur correspondant

Mélica OUENNOUGHI

What is the anthropological link between the caledonian and australian date palms?

Abstract

Contribution to development policies in order to fight against desertification, heat waves and droughts of our Planet.

My work is about the biodiversity of dates and their typology in New Caledonia, following their deportation difficulties and integration vagaries (see Behind the date palms in New Caledonia, M. Ouennoughi, Co-signature F. Kahn IRD), Palms USA, 2005), translate the richness of Kanak tradition reconciling with the historical traces of forced date trip in New Caledonia and my identification of «wells at Chadouf», have been recreated by the know- How of Algerian farmers (fellahs) during the nineteenth century. (forced date trip in New Caledonia, M. Ouennoughi & Co-signatory D. Dubost, Science and Global Changes Drought, 2005). This research attests the historical presence of a thousand-year-old phoenicultural culture that has contributed to the fight against desertification. (IRD Agropolis, 2006, International Days on Desertification and Sustainable Development, 2006 and the Impact of Climate Change on the Regions). The forced migratory facts lead me to complete my first work towards other oceanic phoenicultural zones identified during the nineteenth century. The old Kanak saying of New Caledonia that I was able to gather from my first lands in Oceania in 1999: «When you see a date tree, there is an» Old Arab «who 's been there» Reveals the existence of a development of a symbolic phoenicultural tradition conveyed Artistically, culturo-politically and socially, having been the subject of a first projection of iconographies on the History of Biskra specifically around palm groves and ancient zaouias. (History of the Maghrebian of the Caillou, Date Palm and Biodiversity, Cultural Center Tjibaou, Nouméa, 2007). According to our latest surveys, aboriginal tradition has revealed the existence of date strains derived from planting of cores and the passage of men from ancient zaouias. My works have located old cemeteries of Saints patron. Their nucleus seedlings have formed healthy strains waiting to be tested. These strains have been the carrier of nuclei scattered in Australia since 1885. Ongoing studies could inform us that their escape was related to the distribution of their Saharan roots and origins of Sufism. Would the names of the old Autralian date-trees bear the oasis conservatives memory of the Kanak political territories of New Caledonia?. First, we will describe the projection of an «anthropological scheme,» the historical connection of a perennial crop that marked the environment of Kanak tribes and aboriginal tribes that are indigenous to Australia. Then, we will project a sample of Australian age-old date-trees located in the regions of the studied areas. Finally, we will explain, through a series of questions, how the date palm strains discovered by the aboriginal tribes have been at the origin of economic and touristic development in Australia? How did the old date seedlings of nineteenth-century give way to the development of a mono-culture adapted to the Pacific world?. How since the 1960s a significant production of Australian date trees has contributed to the control of drought and aridity without taking into account the anthropological dimension of the existence of old heir strains

Of the seedlings of cores thrown at the end of the XIXth century?. We conclude with examples of anthropogic work on plant material migration and the impact on human and dispersal of species, and aslos studies on a progressive anthropology involved in the post-anthropocene of United States. Natural disasters linked to heat waves cause the scattering of species in biodiversity from ancient strains, this «post-anthropocene» method can provide to the biosystematic biologist and biogeographer , a framework for testing plant material migration and assess the impact of man on species dispersal.

INTRODUCTION

Dans le contexte océanien le « Viel-Arabe », est l'ancien, le vieux sage (Chiouch), celui qui a planté des noyaux de dattes et qui les a selectionnées.

La tradition kanak récoltée durant notre étude menée en 1999(1) nous révèle l'existence du vieux dicton:

« Lorsque que tu vois un dattier, c'est qu'il y a un « Vieil-Arabe » qui est passé par là ».

Le Viel arabe signifiant le vieux chioukh, le sage, celui qui a planté les noyaux…

Selon nos dernières enquêtes, la tradition aborigène nous révèle l'existence de souches dattières issues de semis de noyaux, du passage d'hommes issus d'anciennes confréries soufies (zaouïas). Les semis de noyaux liés à leur passage ont formé des souches saines informant la présence de noyaux dispersés dans la région d'Alice Spring à partir de 1885. Doit-on imaginé que les évadés politiques d'origine soufie aient propagé une multitude de noyaux de dattes sur le sol océanien, en imaginant que cette geste ancestrale proviendrait des échanges de dattiers anciennes entre caravaniers d'un continent à l'autre. Si nos études précédentes avaient démontré l'ancienne présence soufie ou l'esprit du soufisme perpétué à travers la symbolique du noyau de datte, il est possible de rechercher un lien entre le vieux dattier kanak et le vieux dattier australien. Porteraient-ils la mémoire des concervateurs oasiens des territoires politiques kanaks de Nouvelle-Calédonie et comment est-il symbolisé ? Nous expliquerons enfin par une série de questionnements, comment des souches dattières découvertes par les tribus aborigènes auraint été à l'origine de développement économique et tourisique en Australie ? Comment les anciens semis de noyaux de dattes issus du XIXe siècle ont laissé place au développement d'une mono-culture adaptée au monde océanien ? Comment depuis les années 1960, une importante production de dattiers australiens a-t-elle contribué à la lutte contre les zones de sécheresse et d'aridité sans tenir compte de la dimension anthropologique sur l'existence de vielles souches héritières des semis de noyaux jetés à la fin du XIXe siècle ?

1 – Des végétaux déplacés/ou emportés d'un continent à l'autre

Les retombées de A.-G. Haudricourt(2) nous apportent une vision nouvelle exploitable de végétaux océaniens déplacés/ou emportés d'un continent à un autre. Selon l'ethnobotaniste, il fut déjà possible d'imaginer à une époque forte ancienne, un ou deux siècles avant notre ère, l'existence d'une flottille de pirogues doubles ayant pour origine les premiers immigrants en Océanie et en Asie et leur savoir faire ;

Ce canevas de recherche emprunte le chemin de l'agriculture traditionnelle kanak liée au tubercule dont nous avions porté attention notamment sur la manière dont ces espèces avaient été replantées, remarquant qu'elles sont constituées de toute une gamme de clones. Nous avons fait remarquer en premier lieu, les tubercules (igname ou taro) que sont l'agriculture traditionnelle et originelle kanak qui nous informe sur leur système de bouturage. Si nous examinons de près comment sont replantées ces espèces, on remarquera qu'elles sont constituées de toute une gamme de clones. L'ethnobotaniste nous décrit la gestuelle du cultivateur d'igname, ce dernier introduisant précautionneusement le morceau d'igname dans un trou préparé à l'avance et lors de la récolte, le déterrant en grattant le sol tout autour. Il s'agit donc d'une agriculture dont la base est absolument stable et l'agriculteur sait qu'en cas de mauvaise récolte, le sol, le travail et la pluie sont seuls responsables, et ne peut incriminer une dégénérescence. Aujourd'hui, on a du mal à repérer le patrimoine génétique des clones et de leurs distributions, à cause de la diminution des terres de tubercules et d'ignames cultivables. Consécutif à la colonisation, ce phénomène de dégradation a diminué de façon spectaculaire le nombre de clones cultivables. On s'interroge ainsi à une éventuelle existence séculaire de tubercules :

« Doit-on imaginer qu'un ou deux siècles avant notre ère, une flottille de pirogues doubles aient amené les premiers immigrants avec une centaine de clones d'ignames, autant de taro, autant de canne à sucre ? Doit-on supposer que pendant un millénaire existèrent des relations maritimes régulières et, par la suite, des échanges réguliers de clones entre les iles mélanésiennes et le continent asiatique ? » (2)

Ces questions de maintien d'une tradition de tubercules séculaires renouent avec le passé historique et culturel kanak et aborigène. La tradition océanienne des tubercules implique de ce fait une bouture ligneuse comme système de reproduction ancienne, le palmier-dattier introduit à la fin du XIXe siècle, héritier des traditions phoenicicoles et système caravansérail anciens, a la particularité de se ramifier à la base du tronc et d'autoriser une reproduction végétative (par bouture ligneuse que l'on peut nommer aussi le souchet) au moyen de ses rejets qui sont sevrés de leur pied-mères délicatement. Découverte très tôt par les agriculteurs sahariens, cette technique de propagation par rejet, permet de reproduire exactement l'origine de l'arbre (variété) sur lequel a été prélevé le rejet. Ils ont utilisé comme technique, la multiplication végétative par rejet. L'histoire et l'agronomie nous montrent que, par devers eux, des oasiens au cours de leur long voyage ont gardé une réserve de ces fruits durant leur embarcation. Dans ce contexte, la dispersion des espères dattières en Australie durant le XIXe siècle prend une signification particulière. À cette époque, les dattes étaient une nourriture de base pour de nombreux habitants du Maghreb : certaines variétés sèches comme les « mech degla » du Ziban ou la « degla beïda » de l'Oued Rhir étaient d'excellente conservation et fournissaient aux populations nomades en particulier mais pas seulement, une ressource alimentaire de base riche en calories et en sels minéraux. Les noyaux eux-mêmes étaient consommés par les animaux. Les Sahariens encore aujourd'hui considèrent qu'une réserve annuelle de 50 kg par personne est nécessaire. Les dattes ne nécessitant ni préparation ni cuisson tout en se divisant facilement offraient de réels avantages pour la survie des hommes (3).

2 - Diffusion du palmier-dattier durant le bagne calédonien et dispersion des espèces en Australie

Les lithographies australiennes(4) nous informent d'un groupe d'hommes originaires d'Afrique du Nord. Ceux-ci condamnées en déportation simple à l'île des Pins (territoire kanak abritant des « communes » dont la 4e (Communards) et la 5e désignés « Arabes » (s'agissant des Nord-africains). Ils ont reconstruit un douar (village berbère) dans lequel ils créèrent leurs premières codifications coutumières (cheptel ovin, culture bédouine, premières plantations) dans ces Communes répertoriées dans les territoires politiques kanaks. (Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3).

On s'aperçoit qu'en ayant reconstitué en Nouvelle-Calédonie, un espace rappelant le pays natal, des oasiens ont obéi à un réflexe de survie. L'exemple de l'étude des cultivars amazoniens est révélateur dans le sens où ils possèdent un important corpus de légendes dans lesquelles la généalogie humaine est associée aux fruits du palmier et le nom vernaculaire peut avoir pour origine un lieu géographique, un village, ou un fait historique – telle plante rapportée au village par tel habitant. Sur la base de cette remarque : « L'homme né d'un palmier » (5), on peut s'interroger sur les légendes anciennes se référant à la typologie des noyaux de dattes dans la tradition oasienne. Certains rituels de noyaux de dattes accompagnent des invocations au dikhr, à l'origine de l'ancienne confrérie soufie Rahmanya.

Cette gestuelle fut pratiquée par d'anciens chyoukh des fractions Bou-Azyd avant la déportation de leurs chefferies (Fig. 6). Certaines chefferies ont été déplacées et déportées en Méditerranée et en Océanie aux côtés de leurs compatriotes des Aurès et des Monts de Kabylie.

En voulant tropicaliser un arbre, symbole du désert et de l'histoire des civilisations, des cultivateurs en provenance des oasis du Maghreb, peut-être inconsciemment, répondaient bien plus au souci de se réapproprier l'espace comme système de culture paysanne, qu'à des besoins alimentaires. Dans cette diffusion ancestrale, le palmier dattier océanien compte déjà cinq générations d'hommes et d'arbres.

Fig. 1. «Camps des Arabes, île des Pins, N.C».
Source : Lithographie de Hugan, 1876, Rome, APM. Collection Amsterdam Archives Territoriales Nouméa.

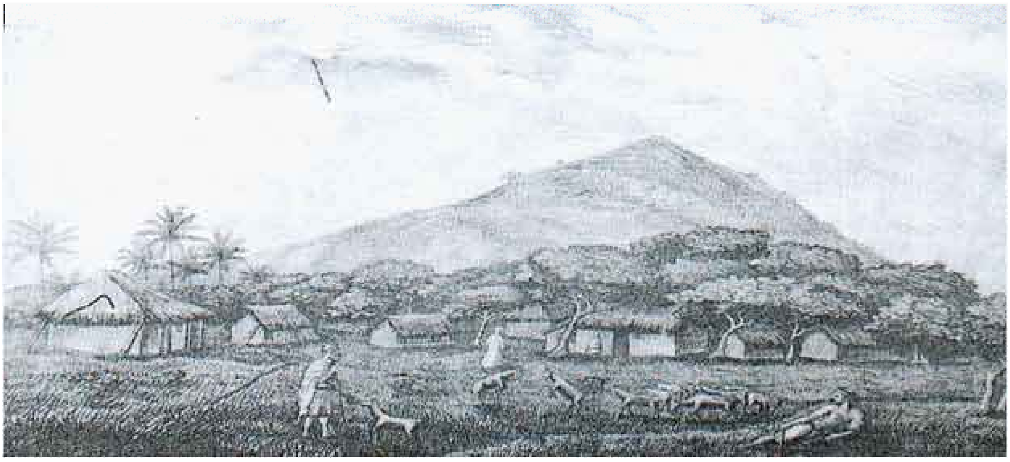


Fig. 2 : « Un douar et ses chèvres à l'île des Pins ».
Source : Lithographie de Hugan, 1876, Rome, APM. Collection Amsterdam Archives Territoriales Nouméa.

Fig. 3. « Le camp des Arabes » (5e commune – Île des Pins).
Source : Lithographie de Loth. 1877. Collection Amsterdam Archives Territoriales Nouméa.

Si la jeune génération algérienne du Pacifique a perdu toute connaissance sur le dattier et sur sa culture traditionnelle, leurs ainés exilés dans le Pacifique se souviennent. Ces clans familiaux rapportent que leurs anciens ont semé des noyaux en fonction du cycle lunaire lié à la période du ramadan ; ce cycle lunaire annonçait les pluies. Cette pratique dériverait de la coutume retrouvée dans certains oasis sahariennes. Ainsi, dans celles des Ziban, les noyaux de dattes consommées à la rupture du jeûne sont immédiatement semés, geste toujours accompagné d'invocation (6). C'est à ce stade que notre travail se poursuit sur les mobilités humaines entre les régions du Pacifique ; Le lieu saint devient très vite un but de pèlerinages (Mekkam). Selon la réputation des marabouts, on vient visiter son tombeau de loin. Ce terme signifie qu'il a toujours accompagné les légendes de miracles liées à la religiosité des anciens. Par cette apparition, des toponymes nord-africains ont pris naissance entre l'Australie, la Nouvelle-Calédonie, les iles Fidji, Wallis et Futuna, l'Indonésie qui font naitre des familles mixtes formées à partir d'un ancêtre éponyme soufi sidi Moulay. A la mort du déporté marabout, les vieux sages déposèrent des noyaux de dattes pour marquer, non pas un territoire autochtone, mais pour former des témoins de leur passage. On raconte que durant les évasions, les déportés ont lancé des noyaux à l'apparition d'un brin de lumière qui leur ait apparu, ils s'écrièrent tmar, tmar, tmar… ». Le mot tamar a une origine hébraïque oasienne. On le retrouve dans les oasis sahariennes sous la forme de tmar qui fait référence à la phrase de maturité de la datte, laquelle intègre un récit ou une légende (7). Les Saharis emploient ce terme après que le dattier femelle (nakhla)

Fig. 4. « Rituel d'un dikhr au Cimetière soufi d'El Amri (Biskra) ». Source : Collection Idéale. Actuellement, la stèle-commémorative de l'insurrection d'El Amri mentionne l'existence ancienne de 76.000 palmiers-dattiers qui formèrent le grenier génétique de la région de Biskra en 1876. Etude : Ouennoughi Melica, 1999.

et le dattier mâle (dokkhar) se soient reproduits ; quant à la phase finale (tmar), elle assure la prospérité future et une réincarnation de l'Ancêtre-Dattier.

3 - Une reproduction génétique dattière dans la mythologie aborigène.

L'analyse historique a permis, via le travail d'archive, de remonter la filière « déportés » et de savoir d'où viennent les « Vieux-Arabes » arrivés en Océanie. Delà, on peut supposer que les palmiers dattiers qui leur sont attachés, par les témoignages et souvenirs, proviennent des oasis originelles.

Des légendes « magico-religieuses » se sont formées autour d'arbres de rochers ou de sources. C'est à ce niveau que la localisation des palmiers-dattiers séculaires en Nouvelle-Galles du sud australien nous interpelle sur leur système de diffusion et de culture. Les anciens consommaient des dattes et déposèrent les noyaux autour du ribat du saint, dans l'espoir d'ensevelir à jamais la mémoire du malheur (l'exil). Les anciennes traditions autochtones liées à la terre nourricière, comme planter des noyaux sacrés ou des objets, signifie s'attirer les miséricordes divines en ce monde et dans l'autre. Les légendes rapportées nous disent que les oiseaux consomment les dattes dans le ribàt du saint patron et ensuite déposent des noyaux. Aujourd'hui, lors des pèlerinages réunissant les familles du saint éponyme, on continue d'effectuer le rituel de la datte, sous forme d'offrande pour le saint, et on la consomme lors de saddaka annuelles (offrandes dédiées au Saint éponyme). La transmission orale recoupe avec l'un des dhikr dans la pratique soufisme : « Respectez votre oncle, le palmier, au point de n'en pas disperser les noyaux. D'ailleurs, ce noyau n'en porte-t-il pas un sceau, le sceau du prophète Salomon, et ce sceau met en fuite les jnoûn malfaisants ».

A ce soufisme océanien, sont liés des savoirs oraux (rituels, chants,…) que constituent une « immatérialité temporelle » suscitée par Malinowski (8).

Une attention particulière est portée sur la légende du Serpent véhiculée dans la langue vernaculaire en Inde du Nord, faisant naître des récits légendaires autour de points d'eaux (sources,…) (9), de même qu'en Australie, où les survivances de l'Ancêtre-Serpent permettent de revisiter d'anciennes traditions soufies. En Effet, c'est en abordant la problématique de la relation de l'Homme ave la Nature, qu'il nous parait possible d'établir des connexions ethnobotaniques d'anciennes traditions oasiennes apparues par le sceau du noyau de l'exil, faisant naître l'Ancêtre-Dattier dans l'environnement océanien, les transmissions autochtones kanak et aborigène nous permettent de revisiter d'anciennes traditions soufies, nous révélant l'apparition de vieilles souches à l'origine des noyaux de dattes. S'il est difficile d'analyser la mythologie australienne du palmier dattier du Désert de l'Ouest australien comme des récits sur les origines et les raisons d'être du vivant et des choses, elle est comprise comme étant un récit véhiculaire permettant d'intégrer les mythes originels australiens. C'est en cela, que la tradition oasienne se véhicule et intègre l'Ancêtre-Serpent du Queensland qui nous est décrite dans les mythes et légendes d'Australie :

« En suivant l'itinéraire de Spenser et Gillen, pour revenir par le Queensland, on trouve d'abord les Urabinna qui font partie de la nation Dieri, et vivent près du Lac Eyré. Ils pensent que jadis, pendant l'époque

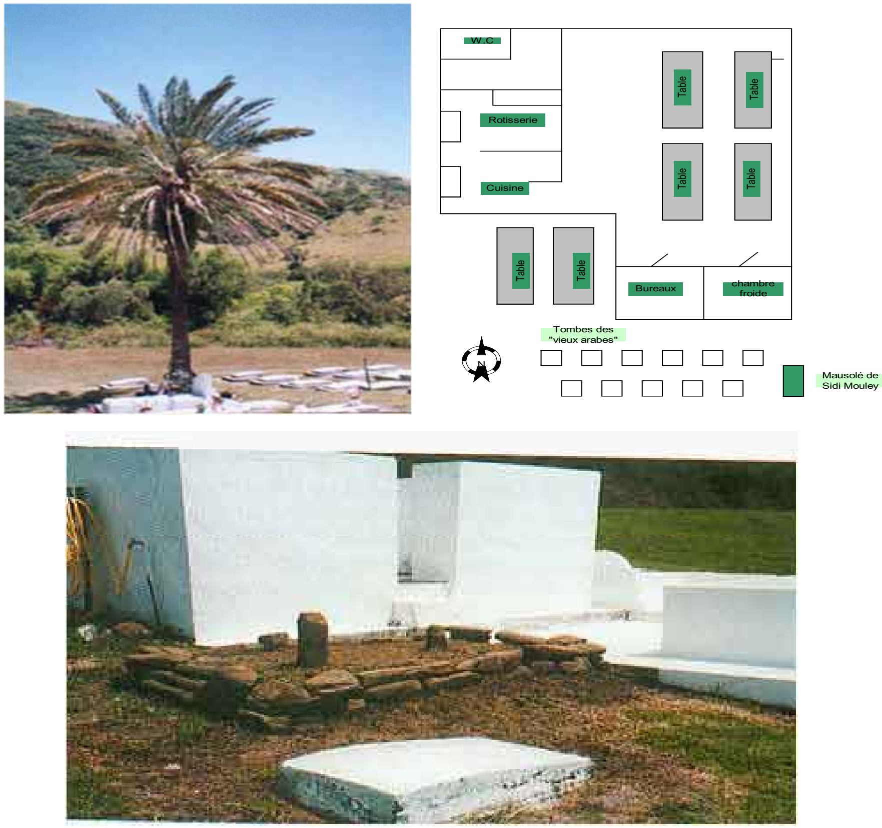


Fig. 5. Cimetière-mausolée de sidi Moulay. Ensemble de 2 Photographies et 1 Plan des tombes, Nessadiou, Bourail. Source : Ouennoughi, 1999.

mythique appelée Ularaka, vivaient un petit nombre d'individus indéterminables ; c'est-à-dire autant animaux ou végétaux qu'humains ; c'est dire on ne sait comment ils prirent naissance ; ils possédaient une puissance magico-religieuse, bien supérieure à des êtres actuels : ils pouvaient autant marcher sous la terre que voler dans les airs. Tout en errant dans le pays d'aujourd'hui occupé par les Urabunna, ces ancêtres déposèrent en différents endroits, appelés paltinta, où aussitôt se formèrent, en guise de témoins des accidents naturels (arbres, rochers, sources), de petits esprits individuels appelés mai-aurli ou enfants-esprits, qui par la suite devinrent des hommes et des femmes, lesquels descendent les Urabunna actuels. Ces mai-aurli sortirent des ancêtres par émanation. Ainsi, les mai-aurli déposés dans divers endroits par l'Ancêtre-Serpent formèrent le groupe totémique humain du Serpent ; ceux déposés par l'Ancêtre-Pluie, le groupe totémique humain de la Pluie, etc. » (10).

4 - Regard sur le dattier du désert d'Australie

On doit ce dattier du désert à l'agronome australien J.-A. Ballantyne (11) sur la culture du Phoenix dactylifera L. en Nouvelle-Galles du Sud Australien. Par ailleurs, balanites aegyptiaca (nom scientifique), taboghart en tamasheq, a fait l'objet d'intérêt dans les principaux centres de production :

- La Queensland (Barcaldine, Beackall, Alplia).
- La Nothern Australia (Alice Spring).

L'expérimentation dattière dans cette région du sud de l'Australie (Fig.1) a suscité un développement écologique et agronomique important afin de procéder à une sélection appartenant à une variété donnée, pour sa mise en production. Le palmier-dattier a été introduit d'abord par des noyaux (1880) et ensuite par des rejets importés des États-Unis, d'Irak et d'Algérie, qui ont permis le développement de grandes palmeraies destinées à l'écotourisme. La création de plantations avait pour but d'intégrer un premier cultivar commun : deglet noor.

Si la tradition aborigène recoupe avec la tradition oasienne du Sahara, sur la propagation de noyaux de dattes durant le XIXe siècle causée par la migration des hommes, qu'elle soit naturelle ou forcée, cette geste ancestrale est révélatrice d'anciennes traditions remontant aux origines du soufisme (XIe siècle).

Il est possible d'avancer l'hypothèse que les vieux rejets issus de noyaux d'une biodiversité de dattes encore inconnue aient été remplacés par une monoculture répondant aux normes et conditions agronomiques internationales.

Aujourd'hui, l'exploitation de palmeraies de cette région est prospère et considérée comme une spéculation et un modèle d'intégration ancien qui permet un fort taux de rentabilité, la production moyenne d'un dattier étant de 50 Kg (entre 5 et 8 régimes). Depuis les années 1960, une importante production de dattiers australiens a contribué à la lutte contre les zones de sécheresse et d'aridité.

5 - Quelles recherches pour quels enseignements ?

La méthode « post-anthropocene » préconisée par le célèbre Naturaliste américain, Georges Perkins Marsh en 1864 (12) peut fournir au biologiste biosystématicien et biogéographe, un canevas pour tester les migrations de matériel végétal et évaluer l'impact de l'homme sur la dispersion des espèces. Georges Marsh aborde la problématique de la relation de l'Homme avec la Nature, sur son action économique notamment. Considéré comme un précurseur de la pensée écologique, ses travaux fondent une approche scientifique environnementale novatrice. Sa démarche pluridisciplinaire (Histoire et Agronomie) démontre, par une série de questionnements qu'il soulève au XIXe siècle, les potentialités politiques de la réflexion environnementale du XXIe siècle. Marsh s'inspire des exemples européens pour alimenter sa réflexion (même si c'est surtout pour déplorer les conditions écologiques de l'Ancien Monde), toutefois son expérience en Méditerranée et en Turquie lui permettent d'analyser des connexions et des liens qui nous permettent de suivre sa méthodologie. Cela englobe une vision holiste de la Nature qui nous est favorable pour la suite de nos travaux.

«Sa connectivité est avant tout déambulatoire, paysagère, conséquence d'un cheminement que l'on sent à la fois personnel, à travers ses différentes expériences aux États-Unis et dans le pourtour méditerranéen, et plus théorique, dans une volonté de relier entre eux des phénomènes épars afin d'aboutir à une compréhension globale de ce qui relie l'homme à la nature, et des conséquences en termes de « relations entre l'esprit et la matière ».

Dans sa vision holiste, il explique que : « [L'homme] a abattu les forêts dont l'enchevêtrement de racines fibreuses reliait l'humus au squelette rocheux de la terre, alors que s'il avait permis çà et là à une région boisée de se reproduire par propagation spontanée, la plupart des dommages que sa destruction irréfléchie de la protection naturelle du sol a occasionnés aurait été évitée ».

On considère que March est un écologue de la diversité biologique non pas qu'il utilise ou forge le concept, mais il s'intéresse à des paysages où les hommes comme les natures interviennent et construisent de la diversité.

La présence d'une distribution génétique phoenicicole méditerrannéenne en milieu australien semble s'être bien adaptée auprès des végétations autochtones. Arbre généreux et symbolique, le palmier dattier demeure un symbole fort de la civilisation méditerranéenne et est considéré in fine comme la base d'une agriculture durable. La présence de dattiers dans diverses parties du monde procède d'introductions plus ou moins récentes et répond à des attentes purement agricoles de production. Dans ce contexte, le palmier dattier, introduit par semis de noyaux par les déportés maghrébins, prend une signification particulière en Nouvelle-Calédonie. Ce cultivar participe à l'émergence de nouveaux paradigmes comme celui du développement durable (réunissant historiens et agronomes) à Montpellier deux cents ans après la parution du travail fondateur de Nicolas-Théodore de Saussure en 1804. (13). Son implantation contribue aux travaux menés à Biskra sur les luttes de l'Homme contre la désertification (14).

Olivier de Serres (15) précurseur de la réflexion sur les avantages que possèdent les plantes, sources de richesses et de vie, construit un pont entre l'histoire agraire et l'agriculture. Il donne par exemple au mûrier une fonction plus valorisante au système paysan. Ses travaux démontrent par exemple quel savoir-faire est lié aux petites cordes faites avec l'écorce du mûrier pour l'attachement des provins et des échalas des vignerons. Le palmier dattier saharien a également servi à des fins écologiques : son bois et ses feuilles fournissent le bois de construction et le tissu pour des maisons et des barrières. De la base du tronc à la pointe des palmes, tout est recyclé et transformé en objets familiers. Quant au palmier-dattier australien, nos enquêtes auprès des cultivateurs calédoniens démontrent ses atouts en région sèche : réduction de la vitesse des vents ; frein à la prolifération de cigales ; protection des cultures sous-jacentes. La haie de palmier dattier protège aussi les récoltes, aide à la résistance aux dégâts causés par les tempêtes, aux cyclones et aux incendies, à la lutte contre l'érosion et à la régulation hydrique. Dans sa fonction de stabilisateur et de régulateur des cultures, l'arbre retient la terre et l'eau sur les pentes. Il améliore la réserve en eau des sols desséchés et les conditions climatiques du cadre de vie. Dans une oasis du Sahara, la température baisse de 10° C environ dans une palmeraie, ce qui peut être bénéfique pour le fonctionnement des écosystèmes forestiers, pour l'écotourisme ou pour la vie autour de ces espaces. Ces plantes sont en effet de remarquables marqueurs du fonctionnement des écosystèmes (16).

Il est possible, en utilisant des techniques biologiques appropriées – celles du marquage moléculaire -, de conforter la proposition de l'hypothèse historique : des dattes ont été transportées par les déportés algériens en Nouvelle-Calédonie (ce qui est bien établi, puis en Australie, à partir des oasis du Maghreb et du Sahara. Ce qui est à démontrer, bien que fortement supposable. L'étude complémentaire effectuée en 2008 sur le programme communal de Bourail visant à la création d'un jardin paysager représentatif des trois ethnies de cette vallée (kanak, Européens, Maghrébins) m'a permis de recenser avec les habitants de Bourail et des régions avoisinantes, les plus vieux dattiers issus de noyaux dont les objectifs sont de : réserver un échantillonnage de rejets (djebbars) ; préciser un partenariat international, (jumelage scientifique ; collaboration, etc.…) ; orienter une maquette en Mairie de Bourail pour la création future des « Jardins de l'Oued » (Fig.4) intégrant un itinéraire intégrant ethnobotanique. L'utilisation de marqueurs moléculaires (encore appelés marqueurs génétiques) peut venir supporter l'hypothèse historique, la préciser, voire l'orienter, dans une nouvelle direction.

Conclusion

La reproduction ancestrale et le savoir-faire saharien ont été vecteurs d'une production durable depuis la fin du XIXe siècle en Océanie aux côtés des tubercules océaniennes. Ces données m'ont permis d'utiliser cette méthode confrontant les traditions orales kanakes et aborigènes sur la présence de vieilles souches de dattiers migrés durant la fin du XIXe siècle. C'est en décrivant la distribution de leur diversité génétique qu'il est possible de reconstruire l'impact culturel des oasis implantées en Océanie lié à l'histoire évolutive, ethnobotanique (itinéraire de dispersion, transmission orale,…) mais également les modes de d'adaptation, de régulation, de sélection, de conservation dans l'environnement local océanien. Le vieux dicton kanak se confronte au vieux dicton aborigène où les traditions orales autochtones nous apportent le matériau nécessaire pour rechercher les parcours migratoires des oasiens dans le Pacifique. C'est en combinant, sous la forme d'inventaire un échantillonnage de typologies de dattes traditionnelles distribuées en Océanie et leur rapport au soufisme saharien (17), que nous avons émis l'hypothèse que l'étude généalogique des différents types de dattes ouvre des perspectives historiques intéressantes qui permettent de suivre rétrospectivement, en remontant jusqu'au XIe siècle en Espagne et au Maghreb, et même plus loin, par des chemins de distribution des hommes, la sélection des différents espèces à des époques successives (18). Ainsi le dattier fait référence pour les Kanaks à la présence du bagne des Maghrébins, pour les Aborigènes à l'itinéraire lié à leur départ forcé ou leur évasion.

Ces canevas de recherche suggérés, du tubercule au dattier, ajoute les études récentes sur d'autres plantes océaniennes (cocotier, bananier, patate douce,…) dans la circulation des Hommes et des Plantes (19), il permet de retracer l'évolution temporelle et spatiale de la diversité du Pacifique.

Références scientifiques

1-Ouennoughi M. Les déportés magrébins en Nouvelle-Calédonie et la culture du palmier-dattier (1864 à nos jours), Coll. Histoire et perspectives méditerranéennes, L'Harmattan, Paris, 2005.

2-Haudricourt A.-G., La Technologie science Humaine. Recherche d'Histoire et

d'Ethnologie des Techniques ; Chap. 26, 4e partie. Nature et culture dans la

civilisation de l'igname : l'origine des clones et des clans, Paris, M.S.H., 1987.

3- Ouennoughi M. & Dubost D., Le voyage forcé des dattiers en Nouvelle-Calédonie, Volume 16, numéro 4, Octobre-Novembre-Décembre, Sciences et changements planétaires, Sécheresse, 2005.

4-Hugan & Loth, Lithographes australiens, «Camps des Arabes, île des Pins, N.C». 1876, 1877, Rome, APM. Collection Amsterdam Archives Territoriales Nouméa.

5-Kahn F, Les palmiers de l'Eldorado, IRD-ORSTOM, 1998.

6-Ouennoughi M., & Kahn, F., Behind the Date Palm in New Caledonia, Vol. 49(2)73, Editions Palms, USA, 2005.

7-Munier P., Le Palmier dattier, G.-P. Maisonneuve & Larose, 1975.

8- Malinowski B., Les argonautes du Pacifique occidental, Gallimard, Paris, 1963. Traduit de l'Anglais et présenté par André et Simone Devyver. Préface de Sir James Frazer, Collection NRF.

9-Ouennoughi M., Mythes et Légendes des anciennes vallées himalayennes autour des cinq rivières de l'Indus, Inde du Nord. A paraitre...

10-Van Gennep A., Mythes et Légendes d'Australie, Etude d'ethnographie et de sociologie, Librairie Orientale & Américaine, (Chapitre V. page XLVI, Les idées des Australiens sur la conception et la réincarnation), Editeur E. Guilmoto, Paris, 1906.

11 Ballantyne J.-A. cité par P. Munier In : « Le palmier-dattier », Maisonneuve & Larose, 1973 & Cf. Ouennoughi M. & Dubost D., Le voyage forcé des dattiers en Nouvelle-Calédonie, Volume 16, numéro 4, Octobre-Novembre-Décembre, Sciences et changements planétaires, Sécheresse, 2005.

12-Marsh G.-P., L'homme et la nature ; ou, la géographie physique modifiée par l'action humaine, Ecologie & politique 2008/1 (N°35), p. 155-176.

13- Agropolis, Histoire et agronomie, Entre ruptures et durée, Editeurs scientifiques Paul Robin, Jean-Paul Aeschlimann et Christian Feller., Montpellier les 20-22 octobre 2004, IRD Editions, coll. Colloques et séminaires, Paris, 2007.

14-CRSTRA Biskra, Les Journées d'Etudes Internationales sur la désertification et le développement durable, 10-12 juin 2006, Editions CRSTRA Biskra, 2006.

15-De Serres O., Le théâtre d'Agriculture et Mesnages des champs, Thésaurus

n° 494, Actes Sud, 2001.

16-Brac de La Perrière B.A., Connaissez-vous le palmier-dattier ? Edisud, 1995.

17-Ouennoughi M. Histoire des Maghrébins du Caillou, Palmier-dattier et Biodiversité, Centre Culturel Tjibaou, Nouméa, 2007.

18-Rey P.-P. In Préface « Les déportés magrébins en Nouvelle-Calédonie et la culture du palmier-dattier (1864 à nos jours) », Paris, 2006.

19-Colloque E-Toile Pacifique, EHESS, Paris. Session : Circulation des Hommes et des Plantes, communications par J.-P. Labouisse, C. Roullier, L. Baudouin, X. Perrier, 3 et 4 octobre 2013.

Journal algérien des régions arides

Numéro Spécial, CANICULE, 2016

Sommaire

Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides

CRSTRA