

## Article de recherche

Reçu: 2 Novembre 2020/Accepté: 20 Janvier 2021

# Analyse de vulnérabilité des cédraies de Belezma (Aurès) face aux changements climatiques à travers deux facteurs : précipitations et températures

N. Ifticene-Habani<sup>1\*</sup>., F. Sahli<sup>2</sup>., L. Helis<sup>2</sup>., K. Saï<sup>2</sup>., M.N. Gadiri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Département Science de la nature et de la vie, Faculté des Sciences, Université Alger 1. 02, Rue Didouche Mourad, 16000 Alger, Algérie.

<sup>2</sup>Institut National de la Recherche Forestière (INRF), Baïnem- BP 37, Cheraga, Alger, Algérie.  
fatyhasahly@yahoo.fr., helislouisa@gmail.com., karimasai@yahoo.fr., nasgadiri@yahoo.fr

\* Auteur correspondant : [naimaifticene@hotmail.com](mailto:naimaifticene@hotmail.com)

### ملخص

أرز الأطلس، المستوطن في جبال شمال إفريقيا على الرغم من قدرته على مقاومة الجفاف، يتأثر بالتدهور الذي يهدد استدامته في سياقه البيئي الحالي. تعد بستاتين أرز بيليزما (الأوراس) الأكثر جنوبياً ومهددة بسبب موقعها الجغرافي الحيوي والتضاريس الجبلية والضغط البشري. الهدف من هذه الدراسة هو تحليل مدى تأثير غابات الأرز بتغير المناخ من خلال دراسة مناخية من خلال عاملين رئيسيين: هطول الأمطار ودرجة الحرارة. تم إجراء مقارنة لأرصاء سلسلتي بيانات (سيلتزير و مركز الطقس) من محطة باتنة. تظهر الدراسة اتجاه تناقص هطول الأمطار في الشتاء والخريف. وقد أدى هذا الانخفاض إلى تغيير في النظام الموسمي وتمديد فترة الجفاف. لوحظ ارتفاع في درجات الحرارة بشكل جيد على المستوى الشهري. أدت الزيادة في الحد الأدنى لمتوسط درجة الحرارة في الشهر الأكثر برودة إلى حدوث تحول طفيف من المتغير الحراري البارد إلى المتغير الحراري، على الرغم من بقاء المحطة في المرحلة شبه الجافة. يبدو أن تعاقب السنوات مع انخفاض معدل هطول الأمطار وارتفاع درجات الحرارة هو السبب الرئيسي لموت الأشجار.

**الكلمات المفتاحية:** أرز أطلس، الضعف، المقارنة، باتنة، تغير المناخ، معدل الوفيات.

### Abstract

The Atlas cedar, endemic to the mountains of North Africa despite its ability to resist drought, is affected by decline threatening its sustainability in its current ecological context. The cedar groves of Belezma (Aurès) are the most southerly and threatened by their biogeographical position, the mountainous relief and human pressure. The objective of this study is to analyze the vulnerability of these cedar forests to climate change by a climate study through two main factors: precipitation and temperature. The comparison of the observations of two data series (Seltzer and ONM) from the Batna station was carried out. The study shows a trend of decreasing winter and fall precipitation. This decrease led to a change in the seasonal regime and to the prolongation of the dry period. A rise in temperatures is well observed at the monthly level. The increase in the minimum mean temperature of the colder month caused a slight shift from the cold to cool thermal variant, although the station remains in the semi arid stage. The succession of years with particularly low precipitation and high temperatures seem to be the main reason for tree mortality.

**Keywords :** Atlas cedar, vulnerability, comparison, Batna, climate change, mortality.

### Résumé

Le cèdre de l'Atlas, endémique des montagnes de l'Afrique du Nord malgré sa capacité à résister à la sécheresse est affecté par un dépérissement menaçant sa pérennité dans son contexte écologique actuel. Les cédraies du Belezma (Aurès) sont les plus méridionales et menacées de par leur position biogéographique, le relief montagneux et la pression anthropique. L'objectif de cette étude est d'analyser la vulnérabilité de ces cédraies face aux changements climatiques par une étude climatique à travers deux principaux facteurs : les précipitations et les températures. La comparaison des observations de deux séries de données (Seltzer et ONM) de la station de Batna a été réalisée. L'étude montre une tendance à la diminution des précipitations hivernales et automnales. Cette baisse a conduit à un changement du régime saisonnier et au prolongement de la période sèche. Une élévation des températures est bien observée au niveau de tous les mois. L'augmentation de la température moyenne minimale du mois le plus froid a entraîné une légère translation de la variante thermique froide à fraîche, bien que la station reste dans l'étage semi aride. La succession des années particulièrement déficitaires en précipitations et les températures élevées semblent être la raison principale de la mortalité des arbres.

**Mots clés :** cèdre de l'Atlas, vulnérabilité, comparaison, Batna, changements climatiques, mortalité.

## 1. Introduction

Dans le contexte actuel de changement climatique et de préservation de la biodiversité, l'appréciation de la vulnérabilité des écosystèmes naturels et de leur capacité d'adaptation figurent parmi les principales préoccupations au niveau mondial (GIEC, 2007).

La dégradation continue observée actuellement sur les essences forestières appartenant aux écosystèmes méditerranéens, pourrait être le résultat d'une lente évolution du climat général vers un régime plus sévère, ou la traduction des fluctuations climatiques exacerbées par le processus d'anthropisation. La vulnérabilité écologique en Algérie s'explique notamment par une fragilité des écosystèmes à la sécheresse et à la désertification (SPANB, 2016). Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti), conifère endémique des montagnes de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie) malgré sa capacité à résister à la sécheresse est affecté par un dépérissement menaçant sa pérennité dans son contexte écologique actuel. Les causes de cette dégradation sont multiples. Selon Touchan (2011), la sécheresse de cette dernière décennie pourrait être à l'origine de 62% du dépérissement.

Les cédraies du Belezma (Aurès) sont les plus méridionales des cédraies algériennes. Elles représentent l'unique formation de ce type qui évolue sur l'atlas saharien. Ce sont des futaies âgées, de haute valeur paysagère occupant 5 679,3 ha soit 21,6% du territoire du Parc National de Belezma (PNB, 2006). L'équilibre écologique de cette région est menacé par sa position biogéographique proche du désert, par son relief montagneux et par la pression anthropique. Une translation altitudinale de l'aire potentielle du cèdre est avancée. En effet, selon Addar (2012), des régénérations effectives (10 à 15 semis/100 m<sup>2</sup>) ne sont observées qu'à des altitudes supérieures à 1500 m. Le taux de dépérissement diffère d'une cédraie à l'autre allant de 30% jusqu'à 100%.

L'objectif de cette étude est d'analyser la vulnérabilité de ces cédraies face aux changements climatiques par une étude climatique à travers deux principaux facteurs : les précipitations et les températures. Il s'agit de comprendre les évolutions climatiques locales au cours de ces cent dernières années. A cet effet, la comparaison des observa-

tions climatiques de deux séries de données de la station de Batna a été réalisée. La première série est celle établie par Seltzer (1946), elle s'étale sur une période de 25 ans (1913-1938). La deuxième, correspond aux données fournies par l'ONM (2018) pour une période de 45 ans (1972-2017).

## 2. Matériels et méthodes

L'étude porte sur l'analyse de deux facteurs climatiques (précipitations, températures) qui devraient permettre de définir et de préciser leur niveau d'action sur ce dépérissement.

### 2.1. Zone d'étude

Les monts du Belezma constituent un système orographique accidenté. Ces monts sont plus ou moins parallèles orientés Sud/Ouest – Nord/Est séparés par de profondes vallées. Dans la quasi-totalité du territoire du Parc du Belezma, l'altitude dépasse les 1000 m, soit 77,4 % et les fortes pentes (>25 %) caractérisent 87% de sa superficie totale (BNEF, 1985).

Les terrains du massif du Belezma sont de formation géologique secondaire appartenant au Triasique, Jurassique et Crétacé (Laffitte, 1939 ; Bentouati, 1993).

D'après Abdessemed (1981), les sols typiques du massif du Belezma sont des sols bruns faiblement calcaires reposant sur des grès entre 1 600 et 2 200 m, des sols bruns calcaires qui se localisent sur substrat marneux et calcaire entre 1 400 et 1 600m, des rendzines qui se rencontrent sur des pentes allant de 1 600 à 1 800 m d'altitude et enfin des rendzines dolomitiques moins représentés, qui se localisent sur des dolomies.

Dans les hautes altitudes et sur le versant Nord, le climat passe du subhumide à l'humide à hiver très froid. Par contre, en basse altitude et sur le versant Sud, le climat est de type semi-aride et aride à hiver frais à froid. La cédraie reçoit une moyenne pluviométrique de 400 mm/an. La température du mois le plus chaud est de 32,9°C (Juillet), la température du mois le plus froid est de -5°C (Janvier). La période d'enneigement s'étale de

Décembre à Mars.

Selon [Khanfouci \(2005\)](#), les cédraies du massif du Belezma se présentent sous forme de cédraie pure et humide située sur le versant Nord à plus de 1 800 m d'altitude ; de cédraie sur dalle qui pousse sur d'immenses dalles sans sol apparent et est dépourvue de sous bois (versant Nord du Col Talmat) et de cédraie mixte mélangée ou avec le chêne vert située à basse altitude à partir de 1300 à 1400 m sur les expositions Nord et Nord-Ouest et de 1500 à 1600 m dans les expositions Sud et Sud-Est, ou en mélange avec le grand houx (*Ilex aquifolium*) et est localisée dans les ravins frais et humide de Théniet El Gontos.

## 2.2. Données climatiques

Deux séries de données de la station de Batna (précipitations, températures moyennes annuelles,  $M$ ,  $m$ ,...) ont été comparées. La première série est celle établie par [Seltzer \(1946\)](#), elle s'étale sur une période de 25 ans (1913-1938). La deuxième, correspond aux données fournies par l'ONM ([2018](#)) pour une période de 45 ans (1972-2017).

Pour caractériser le climat des deux périodes, la variabilité moyenne interannuelle a été étudiée par le recensement des années exceptionnelles sèches ou humides et chaudes ou fraîches. Ainsi, une année sèche ou humide et/ou chaude ou fraîche est celle dont la moyenne annuelle (précipitations, températures) est inférieure ou supérieure d'un écart à la moyenne ([Safar, 1994](#) ; [Medjerab, 2005](#)). Elle est désignée par seuil au niveau des figures. Le traitement de ces données consiste en la comparaison d'indices des deux séries tels que :

Le diagramme ombrothermique ([Bagnouls et Gaussen, 1953](#)) visualise la position, la durée et l'intensité de la période sèche ([équation 1](#)).

$$P \leq 2T \quad (1)$$

Le quotient pluviothermique proposé par [Emberger \(1955\)](#) pour les régions méditerranéennes qui a établi un climagramme, où il combine graphiquement le  $Q2$  et  $m$  ([équation 2](#)).

$$Q2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2} \quad (2)$$

Où  $P$  représente les précipitations moyennes annuelles en mm,  $M$  la température moyenne maximale du mois le plus chaud et  $m$  c'est la température moyenne minimale du mois le plus froid en degré Kelvin.

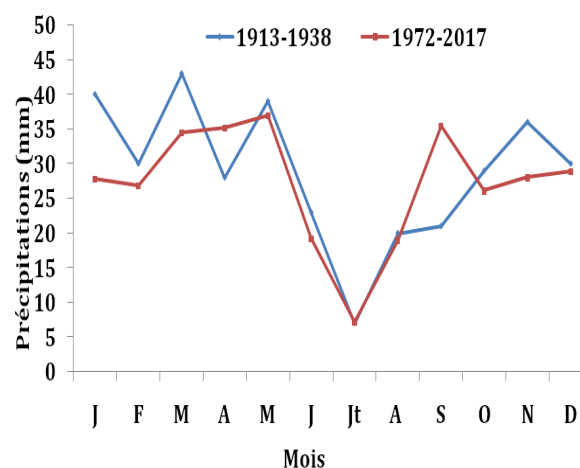
## 3. Résultats

### 3.1. Les précipitations annuelles

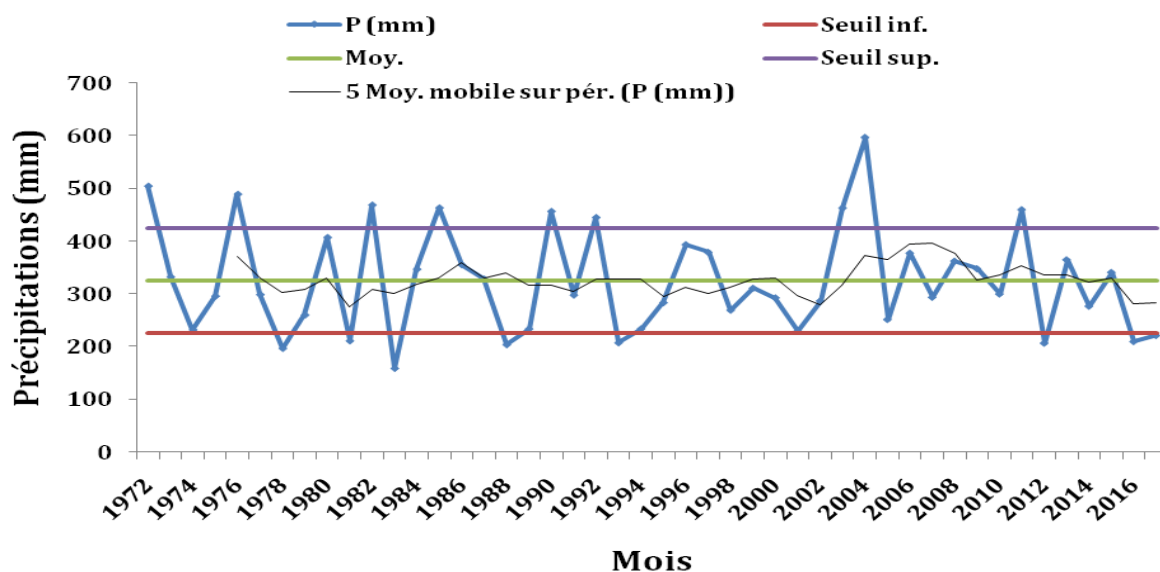
L'étude de la répartition des précipitations moyennes mensuelles exprimées en mm de la station de Batna fait ressortir que le mois de juillet est le mois le plus sec pour les deux périodes avec des valeurs très proches (7 et 7,16 mm). Par contre le mois le plus pluvieux est mars pour la première série (43 mm) et le mois de mai pour la deuxième série (36,95 mm).

La comparaison des données montre une diminution de 20,93 mm (soit 6%) dans le cumul des précipitations. Cette baisse de la pluviosité apparaît pratiquement au niveau de tous les mois.

Le régime mensuel moyen des précipitations durant les deux périodes ([Figure 1](#)) montre une irrégularité des pluies. Cette répartition est caractérisée par une allure typiquement méditerranéenne de l'évolution intra-annuelle des précipitations, avec un minimum en période estivale.



**Figure 1.** Variations des précipitations mensuelles moyennes de la station de Batna. Comparaison entre deux périodes (1913-1938, 1972-2017).



**Figure 2.** Variations des précipitations annuelles (Ombrographe) de la station de Batna . Période 1972-2017.

La [Figure 2](#) met en évidence l'amplitude des variations des précipitations et en particulier les années exceptionnellement sèches ou humides s'étalant de 1972 jusqu'à 2016. Les années situées dans l'intervalle de plus ou moins l'écart-type seront considérées comme moyennes. Il en ressort une grande variabilité interannuelle des précipitations. La moyenne enregistrée durant cette période est de 322,02 mm avec une valeur maximale de 596,80 mm en 2004, et une valeur minimale de 159,23 mm en 1983. En prenant la moyenne mobile de dix ans, la période 1993-2002 semble être la plus défavorable. Cependant, une nette diminution des précipitations est observée à partir de l'année 2012.

Les années sèches sont : 1978, 1981, 1983, 1988, 2012, 2015, 2016, 2017 et les années humides sont : 1972, 1976, 1982, 1985, 1990, 1992, 2003, 2004, 2011. L'année 2004 est considérée comme extrêmement humide avec un cumul de 596,80 mm.

### 3.2. Les précipitations saisonnières

Selon [Quézel et Médail \(2003\)](#), le rythme des précipitations est primordial, puisque l'existence d'une période de sécheresse estivale est le facteur écologique majeur, permettant d'expliquer les caractères particuliers des forêts méditerranéennes et la

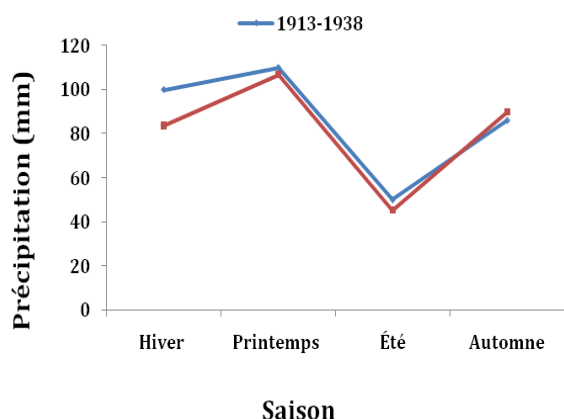
mise en place d'un nombre très élevé de types forestiers.

Les données des précipitations durant les deux périodes montrent que le minimum des précipitations se situe systématiquement en été. Il est de 50 mm (14,45 %) pour la série de Seltzer (1913-1938) et de 45,33 mm (13,16 %) pour la deuxième série (1972-2017). La saison la plus arrosée est le printemps pour les deux séries (110 mm soit 31,79 % et 106,60 mm soit 32,79 %). Cependant, nous remarquons un changement du régime saisonnier du type PHAE à PAHE. La [Figure 3](#) montre que les précipitations saisonnières (hiver, printemps et été) au niveau de la station de Batna, sont plus élevées pour la période (1913-1938) avec une prédominance des pluies printanières, contrairement aux pluies automnales qui sont maximales pour la période (1972-2017).

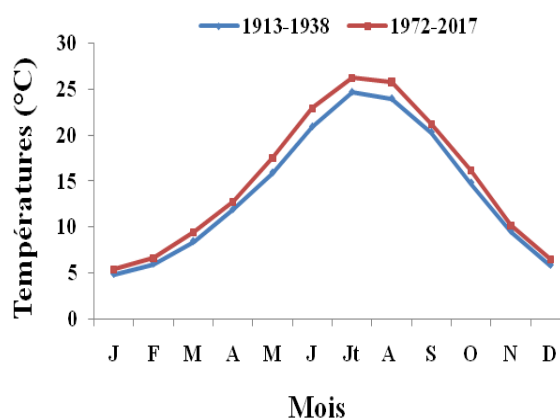
### 3.3. Les températures moyennes annuelles

La comparaison de la température moyenne annuelle pour les deux séries de mesures ([Seltzer, 1946 ; ONM, 2018](#)) montre une augmentation de 0,9 °C. Elle passe de 13,98 °C pour la période 1913-1938 à 14,88 °C pour la période 1972-2017.

L'examen de la [Figure 4](#) fait ressortir pour les deux séries que Juillet est le mois le plus chaud de l'année et janvier le plus froid.



**Figure 3.** Variabilité saisonnière des précipitations de la station de Batna. Comparaison entre deux périodes (1913-1938, 1972-2017).



**Figure 4.** Variations des températures mensuelles annuelles de la station de Batna. Comparaison entre deux périodes (1913-1938, 1972-2017).

L'étude de la variabilité interannuelle des températures mensuelles annuelles (Figure 5) montre une augmentation de ces dernières dans le temps. On note également une tendance à une élévation des températures ces dernières années. L'ajustement du modèle linéaire aux températures mensuelles annuelles selon les années explique 69% de la variation des données.

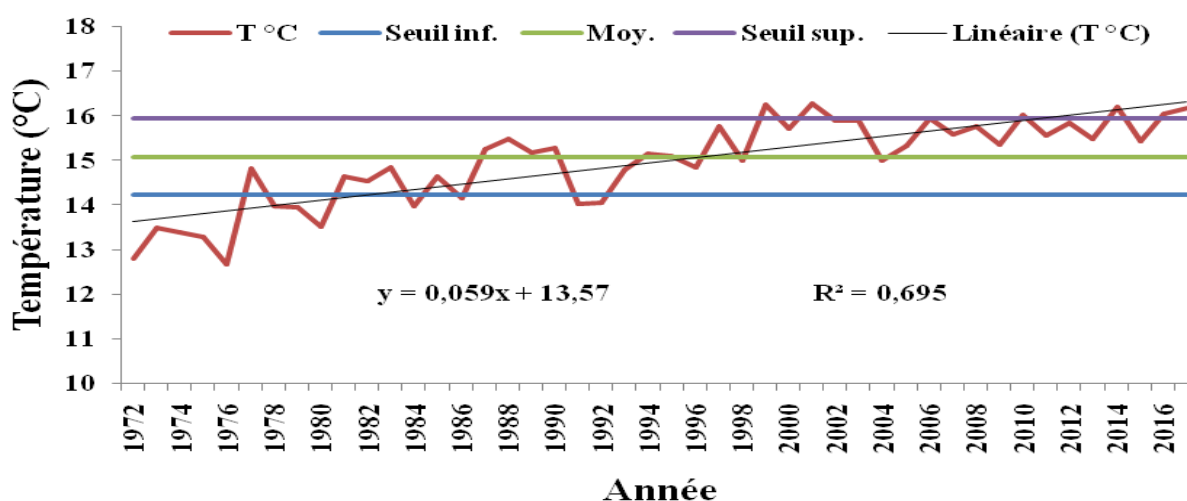
L'étude des années caractéristiques (chaudes ou fraîches) montre que les années fraîches sont : 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1978, 1979, 1980, 1984, 1986, 1991, 1992 avec 1972, 1975 et 1976 qui sont très fraîches. Les années chaudes se succè-

dent depuis 1999.

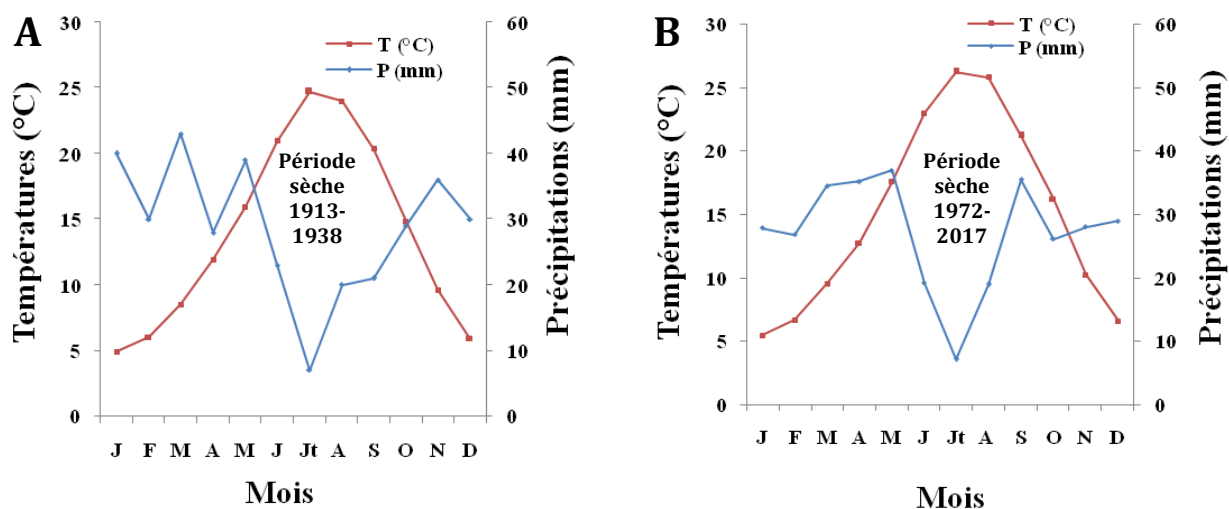
### 3.4. Synthèse climatique

#### 3.4.1. Caractérisation de la sécheresse estivale

L'examen des diagrammes ombrothermiques (Figure 6) indique que le climat de la région d'étude se caractérise par une période sèche qui dure 4,5 mois (fin mai jusqu'à mi octobre) pour les données de Seltzer (1946), alors qu'elle est de 5,5 mois (mi mai à fin octobre) pour les données de l'ONM



**Figure 5.** Variations des températures mensuelles annuelles de la station de Batna. Période 1972-2016.



**Figure 6.** Diagrammes ombrothermiques de la station de Batna. Comparaison entre deux périodes: **A** (1913-1938), **B** (1972-2017).

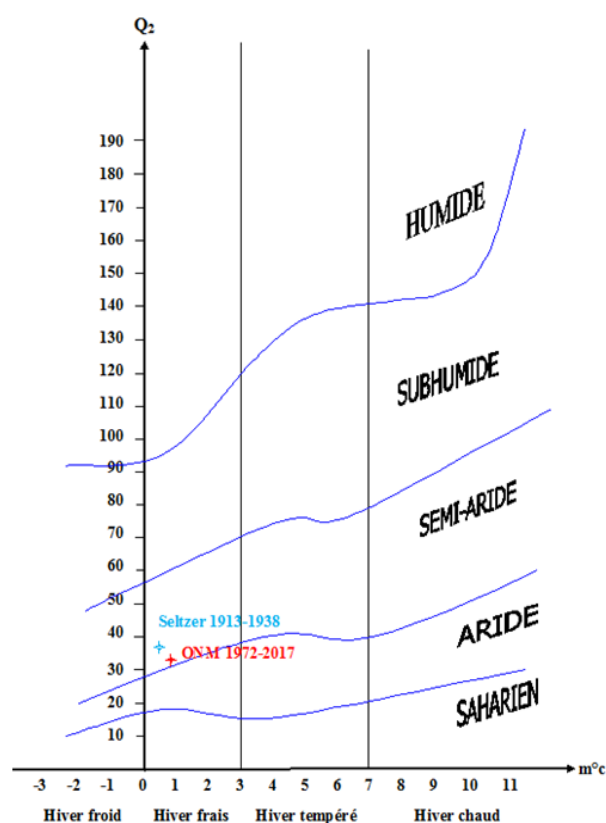
(2018). On remarque que la période sèche a augmenté d'un mois.

### 3.4.2. Le bioclimat

Le calcul du quotient pluviothermique d'Emberger (1955) des deux séries de données (Seltzer, 1946 et ONM, 2018) et sa projection sur le climagramme montrent un léger déplacement vers la droite (Figure 7). Ce déplacement est lié essentiellement à la valeur de la moyenne des minima thermiques du mois le plus froid. Avec un  $Q_2$  de 36,18 et  $m$  de 0,3 °C et de 34,94 et  $m$  de 0,8 °C pour respectivement la série de Seltzer (1946) et de l'ONM (2018) (Figure 7), la station de Batna reste dans l'étage semi aride à hiver frais. Cette diminution du  $Q_2$  et l'augmentation de la température moyenne minimale du mois le plus froid (+0,5°C) indiqueraient une tendance à l'aridification.

## 4. Discussion

Le dépérissement des années 2000 semble constituer une menace affectant la pérennité du cèdre dans son contexte écologique actuel défavorable. La cédraie du Belezma, a connu deux épisodes à très forte mortalité : les années 1875 et 1880 qui ont ravagé les cédraies des Aurès et celles de 1977 et 1978 où la pluviométrie très insuffisante (197



**Figure 7.** Climagramme pluviothermique d'Emberger de la station de Batna. Comparaison entre deux périodes (Seltzer, 1946 ; ONM, 2018).

mm pour 1978 : année caractéristique sèche) avait même entraîné un dessèchement du Chêne vert, espèce rustique par excellence. D'après [Abdessemed \(1981\)](#) ce serait probablement cette sécheresse qui s'est manifestée à partir de 1979 qui serait à l'origine de la dégradation du cèdre. Le dépérissement s'accélère par accentuation de la sécheresse ([Bariteau et al. 2003](#)).

[Kherchouche et al. \(2013\)](#), en combinant fréquence, période et sévérité de sécheresse et en considérant dix ans comme moyenne mobile, ont fait ressortir la période 1993-2002 comme la plus défavorable depuis 1845. C'est ce même résultat qui apparaît dans notre étude climatique. La comparaison entre les périodes 1913-1938 et 1972-2017 montre une tendance à la diminution des précipitations notamment, hivernales et automnales. Cette baisse en pluviosité a conduit à un changement du régime saisonnier et au prolongement de la période sèche d'un mois. Pour les températures, une élévation de ces dernières est bien observée au niveau de tous les mois. L'augmentation de la température moyenne minimale du mois le plus froid a entraîné une légère translation de la variante thermique froide à fraîche, bien que la station reste dans l'étage semi aride. La succession des années particulièrement déficitaires en précipitations et les températures élevées semble être donc la raison principale de la mortalité des arbres.

Le dépérissement du cèdre à Belezma touche plus du tiers de la surface boisée. Il est observé dans toutes les stations et sur toutes les expositions, affectant les sujets jeunes et adultes de basses et de hautes altitudes mais avec des fréquences moindres pour ces dernières.

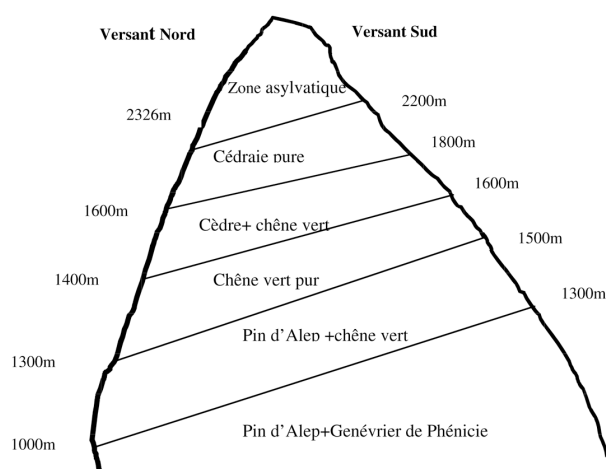
Ce même constat a été souligné par [Sarmoum \(2019\)](#), dans la cédraie de Theniet El Had où le phénomène de dépérissement a davantage marqué sa limite inférieure, dans des stations situées à basse altitude, sur des terrains à forte pente et aux expositions ensoleillées et chaudes. Cependant, le phénomène est partiel dans la cédraie du Djurdjura, et se limite aux versants sud ([Messaoudene et al. 2011](#)).

De plus, le dépérissement dans le massif du Belezma est très important dans les peuplements de cèdre en mélange avec le chêne vert et situés sur marnes qui sont défavorables à la reprise des arbres. Les sols qui les caractérisent se dessèchent rapidement. En effet malgré leur taux d'argiles très élevé, la nature gonflante de ceux-ci leur confère

une faible capacité de rétention en eau, et donc une réserve en eau utilisable moindre, accentuée par la faible profondeur. Le volume du sol prospecté par les racines est donc faible, ce qui rend les arbres plus sensibles à la sécheresse ([Bentouati et Bariteau, 2006](#)). Ce phénomène a été observé au Maroc par [Aoubouazza \(2017\)](#) qui a constaté que le dépérissement du cèdre de l'Atlas était plus élevé sur les sols riches en argile à cause de leur mauvaise perméabilité qui se répercute sur le bilan hydrique du sol. Ainsi, le stress hydrique dû à la sécheresse qui persiste depuis plus de 20 ans apparaît, dans de nombreux cas, comme le facteur prédisposant et/ou déclenchant majeur ([Kherchouche et al. 2013](#)).

Pour [Meghdoud \(2012\)](#), la régression de la strate arborée causée par le dépérissement du cèdre se traduit par une dynamique régressive. Elle va de la cédraie de haute altitude, relativement conservée vers la chênaie verte qui s'est substituée à la cédraie de moyenne altitude, totalement déperie. Le degré d'ouverture qui en résulte, favorise le développement plus ou moins important d'une végétation arbustive héliophile, voire thermo xérophile ainsi que la prolifération d'une végétation herbacée de dégradation, aux dépens de celle caractéristique forestière. L'aridification du milieu est indiquée également par l'infiltration d'espèces steppiques comme *Stipa tenacissima*, qui tend à occuper plus de place notamment au niveau des cédraies de Boumerzoug et de Tuggurt. Cependant, l'étagement de la cédraie de haute et de moyenne altitude est encore existant. Pour de nombreux auteurs ([Allen et al. 2010](#) ; [Quézel et Médail, 2003](#) ; [Médail et Diadem, 2009](#)), l'augmentation des indices de diversité floristique témoignent d'un réchauffement du climat et de la modification de certains écosystèmes.

Selon [Quézel et Médail \(2003\)](#), les changements climatiques auront des conséquences sur la structure de la végétation méditerranéenne et devraient permettre une progression altitudinale et latitudinale sensible des lignées méditerranéennes, en particulier des pins, des genévriers, du chêne vert et du chêne pubescent, mais aussi de nombreux végétaux thermophiles de leur cortège. Pour [Badeau et al. \(2005\)](#), l'évolution vers une sécheresse accentuée serait confirmée, validant ainsi les hypothèses actuelles de remontée vers le Nord des aires naturelles. [Schoenemberger \(1970\)](#) in [Bentouati et Bariteau \(2006\)](#), a figuré sur un schéma ([Figure 8](#)) le processus de déplacement des zones de végéta-



**Figure 8.** Étagement de la végétation dans le massif du Chélia D'après Schoenemberger (1970) in Bentouati et Bariteau (2006).

tion dans le massif de Chélia et leurs exigences respectives vis-à-vis des étages altitudinaux. Bentouati et Bariteau (2006), remarquent que ce processus déjà entamé, est valable pour l'ensemble des autres massifs de cèdre des Aurès.

D'après Demarteau (2006), le cèdre de l'atlas dans un avenir proche, ne sera plus adapté au pourtour méditerranéen (Espagne, Italie, Sud et Ouest de la France). En Afrique du Nord qui deviendrait trop chaude et trop aride, il ne pourrait subsister que dans les hauteurs et avec une productivité faible (dans une petite partie du Moyen Atlas, dans le massif de l'Aurès et dans les monts de Belezma). Rhanem (2011), note que la disparition de niches écologiques dans les secteurs les plus bas de l'aire de répartition du cèdre au Maroc, a provoqué une remontée de la limite altitudinale inférieure, de 1800 à 2000m, abandonnant progressivement la place à la chênaie *Quercus ilex* à *Juniperus oxycedrus*. Le scénario A2 (simulations par le modèle Carbone Assimilation In the Biosphère : CA-RAIB) prévoit une régression considérable de son aire de distribution naturelle actuelle en 2100 en raison de l'augmentation des températures hivernales et l'accentuation de la sécheresse. Les dépérissements observés sont en faveur de cette prévision, bien que les causes du dépérissement du cèdre ne soient pas identifiées de façon catégorique.

L'étude du dépérissement est complexe. Cette complexité exige de traiter les facteurs biotiques et abiotiques qui agissent simultanément sur le peuplement forestier et affectent très fortement l'équi-

libre déjà fragile de ces forêts et conditionnent ainsi leur pérennité.

Le cèdre est un arbre essentiellement montagnard adapté au climat froid. Selon Boudy (1950), les conditions écologiques de cette espèce varient selon plusieurs facteurs dont les plus importants sont l'altitude, le climat et le sol.

## 5. Conclusion

L'analyse bioclimatique par la comparaison entre les données de deux périodes, (Seltzer, 1946 ; ONM, 2018) des principaux facteurs climatiques à savoir : les précipitations, les températures, la sécheresse estivale et le  $Q_2$  a été envisagée dans la perspective d'évaluer l'impact du climat sur le dépérissement. L'étude des précipitations et des températures moyennes annuelles fait ressortir une grande variabilité interannuelle pour les précipitations alors qu'elle est faible pour les températures. La comparaison des températures moyennes annuelles pour les deux séries de mesures met en évidence une augmentation significative de ces dernières. Ainsi, l'hypothèse d'une éventuelle évolution vers des variantes climatiques plus chaudes sont retenues. Selon M'herit (1982, 1994, 1999), plusieurs années de sécheresse consécutives affaiblissent les arbres, les rendant plus sensibles aux maladies et aux pathogènes et les conduisent à des mortalités plus ou moins généralisées.

L'analyse de vulnérabilité au changement climatique dans le Parc National du Belezma est approchée par l'évaluation du dépérissement des cédraies à travers l'étude climatique. Il en ressort que le dépérissement du cèdre de l'Atlas observé au cours de la dernière décennie dans les massifs des Aurès a été attribué par la majorité des chercheurs et gestionnaires forestiers à la sécheresse comme facteur principal mais non unique. Les résultats obtenus semblent confirmer les hypothèses de translation d'étage de végétation et de dérive floristique qu'induiraient les changements climatiques. Aussenac et Guehl (1994) et Landmann (1994), notent que si la sécheresse est un facteur déclenchant de dépérissement, de multiples paramètres écologiques et sylvicoles interviennent, s'interfèrent et modulent les conséquences d'une sécheresse donnée.

Le scénario moyen du GIEC prévoit pour l'Algérie un réchauffement de l'ordre de 0,5°C à l'horizon



2020 (intervalle de prévision 0,25-0,75°C). Cependant, [Quézel et Médail \(2003\)](#) notent que les modifications climatiques ne devraient pas a priori entraîner des raréfactions voire des disparitions notables chez les phanérophytes méditerranéennes. Les espèces les plus menacées, le seront beaucoup plus, dans un avenir proche, sous l'effet des impacts humains que sous celui de variations climatiques.

## Références

- Abdessemed, K. (1981). Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif de l'Aurès et du Belezma : - Étude phytosociologique - Problème de conservation et d'aménagement. Thèse Doc. Ing. Univ. Aix Marseille III, 199 p.
- Addar, A. (2012). Dépérissement du cèdre et actions sylvicoles. 17<sup>ème</sup> Colloque international en évaluation environnementale pour une gestion durable des ressources minières, énergétiques et biologiques. Montréal, Canada.
- Allen, C.D., Alison, K., Makalady, A.K., Chenchouni, H., Dominique, Arrus, R. (1997). Scénarios, Eau et Stratégie de développement en Méditerranée. L'Algérie un exemple ? Option Méditerranéenne, Série A (31), 172-199.
- Aoubouazza, M. (2017). Influence des propriétés hydrodynamiques du sol sur la sensibilité au dépérissement du Cèdre dans le Causse moyen-atlasique central marocain. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 5 (3), 293-303.
- Aussenac, G., et Guehl, J.-M. (1994). Dépérissements et accidents climatiques. Revue Forestière Française, XLVI (5), 458-470.
- BNEF (1985). Étude d'aménagement du Parc National de Belezma. Phase I, II, III et IV.
- Badeau, V., Dupouey, J.L., Cluzeau, C., Drapi, R. (2005). Aires potentielles de répartition des essences forestières d'ici 2100. Dossier « La forêt face aux changements climatiques ». Forêt Entreprise, (162), 25-29.
- Bagnouls, F., et Gaussen, H. (1953). Saison sèche et indice xérothermique. Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, (88), 193-293.
- Bariteau, M., Alptekin, U., Aravanopoulos, F.A., Asmar, F., Bentouati, A., Benzyane, B., Derridj, A., Ducci F., Isik, F., Khaldi, A., Khouja, M.L., Paoletti, E., Raddi, P., Martin Albertos, S., Sbay, H., Schiller, G., Teissier du Cros, E., Varela, M.C., Vendramin, G.G. (2003). Les ressources génétiques forestières dans le bassin méditerranéen. Forêt Méditerranéenne, XXIV (2), 148-158.
- Bentouati, A. (1993). Première approche à l'étude de la croissance et de la productivité du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif de Bélezma. Thèse Magister Université Batna, 63 p.
- Bentouati, A., Bariteau M. (2006). Réflexions sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas Aurès (Algérie), Forêt méditerranéenne, XXVII (4), 317-322.
- Boudy P. (1950). Économie forestière Nord-Africaine : monographie et traitement des essences forestières. Paris : Edition Larose, Tome 2, 878 p.
- Demarteau M. (2006). Réponse de *Cedrus atlantica* aux changements climatiques passés et futurs. Licence en sciences géologiques, Université de Liège, 60 p.
- Emberger L. (1955). Une classification biogéographique des climats. Recueil, travaux de laboratoire géologique, Faculté des sciences. Service botanique. Montpellier, (7), 3-43.
- Ghanem, M. (2012). Aridification du climat régional et remontée de la limite inférieure du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) aux confins de la plaine de Midelt (Maroc). Géographie Physique et Environnement, (5), 143-165.
- GIEC, (2007). Bilan 2007 des changements climatiques, rapport de synthèse. Contribution des groupes de travail I, II et III au quatrième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. GIEC, Genève, 103p.
- Khanfouci, M. S. (2005). Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans le massif du Belezma. Mémoire de magister ; Université de Batna ; 256 p.
- Kherchouche, D., Kalla, M., Gutierrez, E., Briki A., Hamchi, A., (2013). La sécheresse et le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif du Belezma (Algérie). Sécheresse 24 (2), 129-37
- Laffitte R., (1939). Étude géologique de l'Aurès. Thèse Doctorat Es. Sciences naturelles. Université de Paris, France, 484 p.
- Landmann, G., (1994). Concepts, définitions et caractéristiques générales des dépérissements forestiers. Revue Forestière Française, XLVI (5), 405-415.
- M'hirit, O. (1982). Étude écologique et forestière des cédraies du Rif marocain. Essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de la productivité du cèdre (*Cedrus atlantica* Manetti). Thèse de Doctorat Es-sciences. Univ. Droit. Econo. et Sci. d'Aix-Marseille, 436 p + annexes.
- M'hirit, O. (1994). Le cèdre de l'atlas « *Cedrus atlantica* Manneti » ; Présentation générale et état de connaissance à travers le réseau silvaméditerranéenne « Le cèdre » In : Sem. Inter. sur le cèdre de l'atlas, Annales de la recherche forestière au Maroc, 27 (spécial), 1, (1-36), 4-21.
- M'hirit, O., (1999). Le Cèdre de l'Atlas à travers le réseau silvaméditerranéenne Cèdre. Bilan et perspectives. Forêt Méditerranéenne, (20), 91-99.
- Medail, F., Diadema, K. (2009). Glacial refugia influence plant diversity in the Mediterranean Basin. *Journal of Biogeography*, (36), 1333-1345.
- Medjerab, A. (2005). Étude pluviométrique de l'Algérie

- Nord occidentale. Approche statistique et cartographie automatique. Thèse de Doctorat d'État, USTHB, 03 Vol, 706 p.
- Megdoud, A. (2012). Évaluation de l'impact des changements climatiques sur la diversité biologique, la dynamique et la structure de la cédraie du Belezma (Batna). Thèse de Magister, USTHB, 126 p.
- Messaoudene, M., Tafer, M., Abderahmani, S., Guibal, F. (2011). Le dépérissement du cèdre de l'Atlas dans le Belezma (Algérie). Impact des changements climatiques. Séminaire International sur le cèdre de l'Atlas. Batna, 13-14 Décembre, 6p.
- ONM (2018). Données de Office National de la Météorologie.
- PNB, (2006). Plan de gestion du parc national de Belezma 2006-2010. Documents internes, 98 p.
- Quezel, P. et Medail, F. (2003). Conséquences écologiques possibles des changements climatiques sur la flore et la végétation du bassin méditerranéen. 16èmes Rencontres Régionales de l'Environnement ; Session 2, Atelier 2 ; Les écosystèmes face aux changements climatiques Bocconeia, 24 p.
- Safar, W. (1994). Contribution à l'étude dendroécologique du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans une région semi aride d'Algérie : l'Atlas Saharien (Ouled Naïl - Aurès - Hodna). Thèse de doctorat. Université d'Aix Marseille III, 215 p.
- Sarmoum, M., Navarro-Cerrillo's, R., Guibal, F. (2019). Bilan actuel et rétrospectif du dépérissement du cèdre de l'Atlas dans le Parc national de Theniet El Had (Algérie). Bois et Forêts des Tropiques, (342), 29-40.
- Seltzer P. (1946). Le climat de l'Algérie. Institut Météo et Physique du Globe. Université d'Alger, 129 p.
- SPANB, (2016). La biodiversité pour le développement économique et social durable et l'adaptation au changement climatique ». Ministère des ressources en eau et de l'environnement, 158 p.
- Touchan, R., Anchukaitis, KJ., Meko, DM., Sabir, M., Attallah, S., Aloui, A. (2011). Spatiotemporal drought variability in northwestern Africa over the last nine centuries. *Climate Dynamics*, (37), 237-252.