

Thermal regime and analysis of adaptation of forest trees to thermal stress

Régime thermique et analyse de l'adaptation des arbres forestiers à la contrainte thermique



D.ALATOU^{1*}, N. MOSBAH¹, M.E.H. DERRADJI¹,
A.M.MT. ARFA¹

¹Laboratoire de Développement et Valorisation des Ressources Phytogénétiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université des Frères Mentouri Constantine 1, Route de Ain El Bey, 25000 Constantine Algérie.

*Corresponding author: djalatou@yahoo.fr

Abstract - Climate change refers to changes in the climate of the earth as a whole in terms of temperature, wind patterns and precipitation. These changes have accelerated in recent years. The effects are felt on the physiology of the plants (metabolism, growth, phenology, photosynthesis, respiration) on the distribution and the increase of the different stresses notably by an intensity of heat waves, floods and other catastrophes. This thermal variability has been studied in the region of Sétif. In recent decades, the analysis of regional climate change has become one of the concerns of the scientific community. Our study consists in analyzing the thermal data of the Setif region over a period of 8 years between 2000 and 2007. The analysis of the hourly, maximum and minimum temperature, shows that the thermal stress is greater in summer with durations included between 78 and 78 hours. The evolution of seasonal tri seasonal temperatures shows that the variability is especially important in winter (69%) followed by spring (47%), autumn (40%), and summer with 23%. The average annual thermal spectrum with 43479.3 ° C shows that summer represents 42.82% of the annual cumulative, followed by autumn (26.06%), spring (21.96%) and winter (9.16%). The thermal regime of the Sétif station is of the EAPH type, switching between spring and autumn. The annual thermal variability shows that the year 2001 is the hottest, estimated at 1850 ° C with a mild winter season, while the year 2005 is the coldest with an estimated cooling trend of 1599 ° C.

Keywords: Thermal regime, climate change, Setif.

Résumé - On entend par changements climatiques les modifications que connaît le climat de l'ensemble de la terre au niveau de la température, de la configuration des vents et des précipitations. Ces changements se sont accélérés au cours des dernières années. Les effets se font ressentir sur la physiologie des végétaux (métabolisme, croissance, phénologie, photosynthèse, respiration) sur la distribution et l'accroissement des différents stress notamment par une intensité des canicules, inondations et autres catastrophes. Cette variabilité thermique a été étudiée au niveau de la région de Sétif. Depuis quelques décennies, l'analyse des changements climatiques régionaux est devenue l'une des préoccupations de la communauté scientifique. Notre étude consiste à analyser les données thermiques de la région de Sétif sur une période de 8 ans entre 2000 et 2007. L'analyse des températures tri horaires, maximales et minimales, montre que le stress thermique est plus important en été avec des durées comprises entre 78 et 198 heures. L'évolution des températures tri horaires saisonnières montre que la variabilité est surtout importante en hiver (69%) suivi par le printemps (47%), l'automne (40%), et l'été avec 23%. Le spectre thermique moyen annuel avec 43479,3 ° C montre que l'été représente 42,82% du cumul annuel, suivi de l'automne (26,06%), du printemps (21,96%) et de l'hiver (9,16%). Le régime thermique de la station de Sétif est de type EAPH, le basculement se fait entre le printemps et l'automne. La variabilité thermique annuelle montre que l'année 2001 est la plus chaude, estimée à

1850°C avec une saison hivernale douce, alors que l'année 2005 est la plus froide avec une tendance de refroidissement estimée à 1599 °C.

Mots clés :Régime thermique, changement climatique, Sétif.

1. Introduction

On n'a jamais autant parlé de changement climatique et de réchauffement de la planète terre que ces dernières années. La canicule est devenue de nos jours un sujet de conversation ordinaire dans les pays méditerranéens. Nous vivons des étés caniculaires, les hivers semblent plus doux d'année en année, les saisons semblent avoir disparu. Les organisations écologiques accusent les pays industrialisés pour le déclenchement du phénomène d'effet de serre et les scientifiques tirent la sonnette d'alarme sur les méfaits de l'industrialisation excessive, et tout cela a été relayé par les médias qui font largement l'écho de ce phénomène.

L'organisation Mondiale de Protection de la Nature (WWF) montre qu'un réchauffement planétaire de 2°C affecterait durement la région méditerranéenne. Le rapport du WWF souligne qu'une augmentation des températures moyennes de 2°C serait à l'origine de vagues de chaleur extrêmes, de sécheresses régulières et de feux de forêts plus fréquents en région méditerranéenne. Certains spécialistes estiment que cette augmentation de température menacerait également les réserves d'eau, les activités agricoles et certaines espèces végétales et animales.

On estime que si le changement climatique n'est pas contenu, la région pourrait voir ses périodes caniculaires (où la température excède 35°C) s'allonger de six semaines (Iverson 2002). L'augmentation du nombre de journées très chaudes signifierait davantage de risques d'incendies, de sécheresses, avec tous les impacts et conséquences qu'on peut imaginer sur l'environnement et la population. Le sud de la Méditerranée serait menacé par les feux de forêt quasiment toute l'année.

La température est un paramètre environnemental important pour le métabolisme et la croissance de la plante, elle constitue donc, au même titre que la lumière et le manque d'eau, l'un des stress environnementaux les plus limitant pour la production de la plante (Kramer et Boyer 1995). Les arbres pourraient ne pas subir des réductions de croissance ou de réductions de leurs aires de répartition comme le prédisent plusieurs auteurs en utilisant l'approche statistique (Loehle 1998). Plusieurs types d'études ont été employés pour expliquer et prédire la distribution des espèces et des écosystèmes sous l'influence des changements climatiques : Etudes basées sur les processus, études paléoécologiques, et les études statistiques (Iverson et Prasad 2001).

Concernant la présente étude, nous nous intéressons plus particulièrement à la région de Sétif qui se caractérise par un climat continental semi-aride, avec des étés chauds et secs et des hivers rigoureux. Les pluies sont insuffisantes et irrégulières avec une moyenne annuelle de 400mm. En effet, la période de précipitation est concentrée durant la période qui s'étale de l'automne au printemps, alors que l'été est sec. Si les monts de Babors sont les plus arrosés en recevant 700 mm par an, la quantité diminue sensiblement pour atteindre 400 mm en moyenne par an sur les hautes plaines, par contre, la zone Sud est la moins arrosée avec 300 mm.

Dans la station de Sétif, les précipitations et l'altitude conditionnent en grande partie l'importance et la variabilité de la végétation. On distingue sur les monts les forêts de Pin d'Alep et de cèdre, le Sapin de Numidie, le Cyprés, le Chêne vert et le Chêne-liège. Par ailleurs, la zone montagneuse demeure une région de l'arboriculture notamment l'Olivier et le Figuier.

L'objectif de ce travail est de traiter les données thermiques de la station de Sétif sur une période de 8 ans comprise entre 2000 et 2007 afin d'étudier la variabilité thermique journalière, saisonnières et annuelle. Les paramètres pris en compte portent sur les températures minimales et maximales des différentes saisons.

2. Matériel et méthodes

2.1. Présentation de la zone d'étude

La Wilaya de Sétif se situe au Sud-Est par rapport à la capitale du pays, avec une Superficie de 6504 Km², soit 0,27 % du territoire national. Son altitude moyenne est de 1080 mètres. La wilaya de Sétif est limitée (fig 1) :

- ❖ Au Nord, par les Wilayas de Bejaia et Jijel.
- ❖ A l'Est, par la Wilaya de Mila.

- ❖ Au Sud, par les Wilayas de Batna et M'sila.
- ❖ A l'Ouest, par la Wilaya de Bordj Bou-Arredidj.

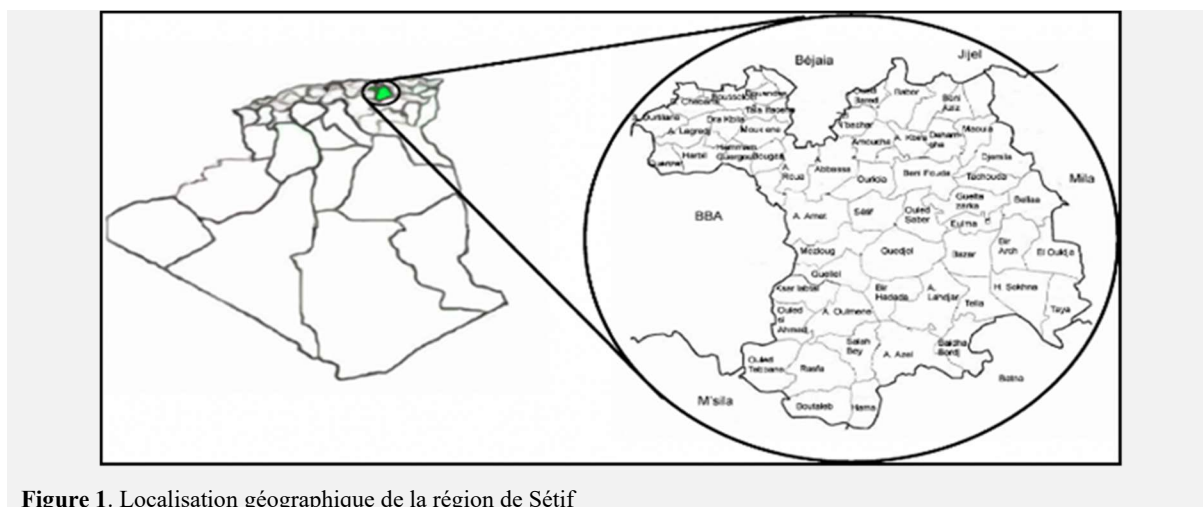


Figure 1. Localisation géographique de la région de Sétif

La Wilaya de Sétif est caractérisée par un climat continental semi-aride avec des étés très chauds et des hivers rigoureux. Les pluies hivernales sont très violentes et responsables d'une importante érosion. Les données climatiques prises en compte sont obtenues à partir des données de la station météorologique de Sétif pour une période s'étalant de 2000 à 2007, unique station qui peut fournir des données complètes par rapport à d'autres stations météorologiques proches de la zone d'étude.

Le tableau 01 indique que la répartition des pluies est irrégulière d'une saison à l'autre. La valeur maximale des précipitations est enregistrée au mois de décembre est de 53.15 mm, alors que celle enregistrée au mois de juillet est de 12.41mm représentant la valeur la plus basse (Tab 1).

Tableau 1. Précipitations mensuelles moyennes enregistrées dans la station de Sétif pendant la période (2000-2007)

Mois	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Déc	Total	Moyenne
P (mm)	44,1	25,5	28,94	42	44,6	21,57	12,4	14,6	50,24	29,4	39,4	53	405	33,78

La figure 2 montre qu'à Sétif la période sèche s'étale durant la mi-mai jusqu'à septembre, avec une forte sécheresse au court du mois de juillet et le mois d'août ; les mois situés en dehors de cette période constituent la période humide ($P > 2T$).

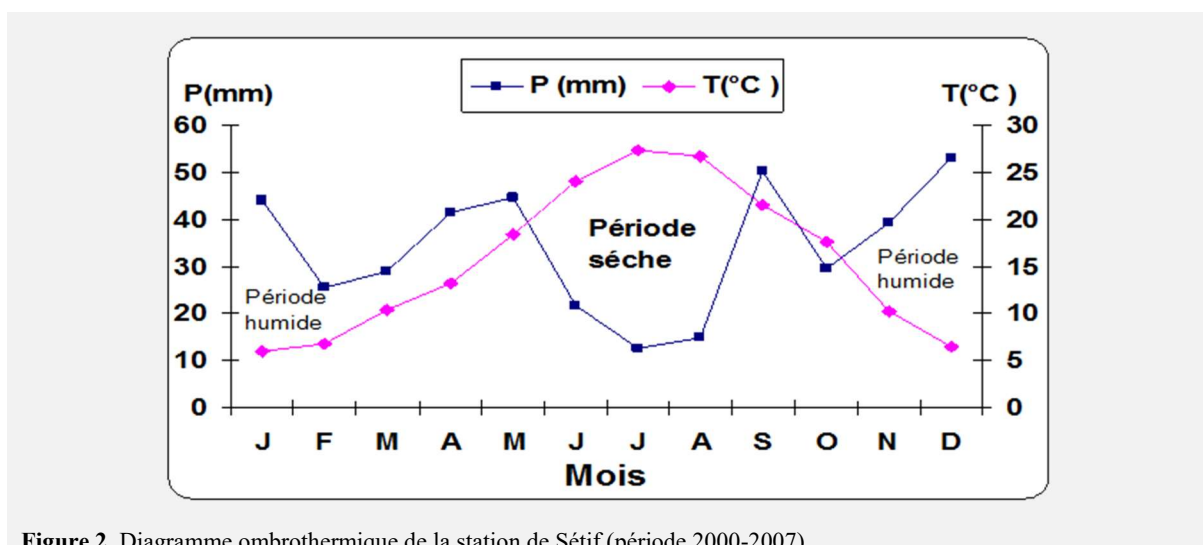


Figure 2. Diagramme ombrothermique de la station de Sétif (période 2000-2007).

Le climagramme d'Emberger permet de comparer rapidement toutes les stations. Son inconvénient est le manque de détail pour chaque station, car les précipitations, les maxima et les minima ne sont pas apparents. Ce quotient facile à interpréter : plus les valeurs du Q2 sont grandes et plus les stations sont humides (Fig 3).

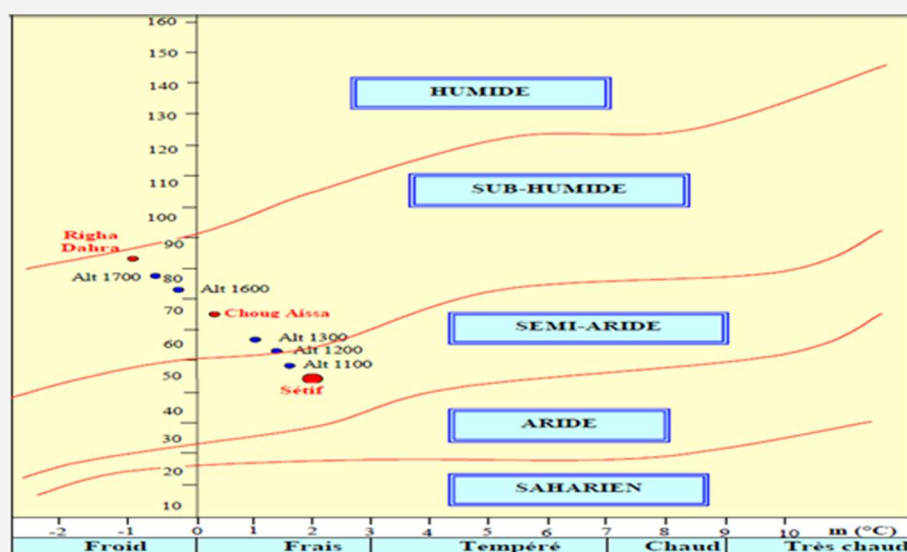


Figure 3. Climagramme d'Emberger pour la station de Sétif

2.2. Méthodologie

Notre étude a pour objectif d'analyser les données thermiques de la station de Sétif pendant la période 2000-2007, cette analyse est réalisée par une étude statistique des paramètres climatiques, Cette activité regroupe trois principales phases : la collecte des données, le traitement des données collectées et enfin l'analyse des données.

Cette analyse traite des données thermiques journalières des quatre saisons (hivernale, estivale, automnale et printanière) sur la période 2000-2007) afin de tirer les caractères climatiques suivants de la station de Sétif :

- ❖ Variabilité journalière des températures tri horaires pour les 8 années.
- ❖ Variabilité mensuelle des températures tri horaires pour la même période,
- ❖ Variabilité saisonnière des températures tri horaires pour la même période ;
- ❖ Variabilité annuelle des températures tri horaires pour la même période.
- ❖ Estimation des degrés jours, degrés mois, degrés saisons et degrés années.
- ❖ Le principe est basé sur la quantification de degré jour qui est calculé à partir de la température moyenne (calculée à partir des températures tri horaires) multipliée par 8.
- ❖ Le degré mois est égal au degré jour multiplié par 30.
- ❖ Le degré saison est estimé par le cumul de 3 mois de la saison concernée.
- ❖ Le degré année est égal à la somme des degrés mois.

3. Résultats et Discussion

3.1. Cumul thermique saisonnier

La répartition du cumul thermique saisonnier se fait de la manière suivante :

Durant la saison hivernale, le maximum du cumul thermique est enregistré pendant l'année 2007 (5254.1 C) qui représente 16.48%, tandis que la valeur minimale est observée en 2005 (2893 °C) et elle représente 9.07 % (fig 4.a).

Concernant la période printanière le cumul est compris entre 8164,2°C durant l'année 2000 et 10799,0°C pour l'année 2006, qui représente respectivement 10,69% et 14,14% (fig 4.b).

La saison estivale, montre une stabilité avec une faible variabilité comprise entre 12,22% et 13,08%. (fig 4.c).

Pour la saison automnale la valeur la plus élevée du cumul thermique est enregistrée pendant l'année 2001 (12229,0°C), alors que la valeur minimale est estimée au cours de l'année 2000 (10342,4°C) avec une variation respective de 11,41% et 13,49%. (fig 4.d).

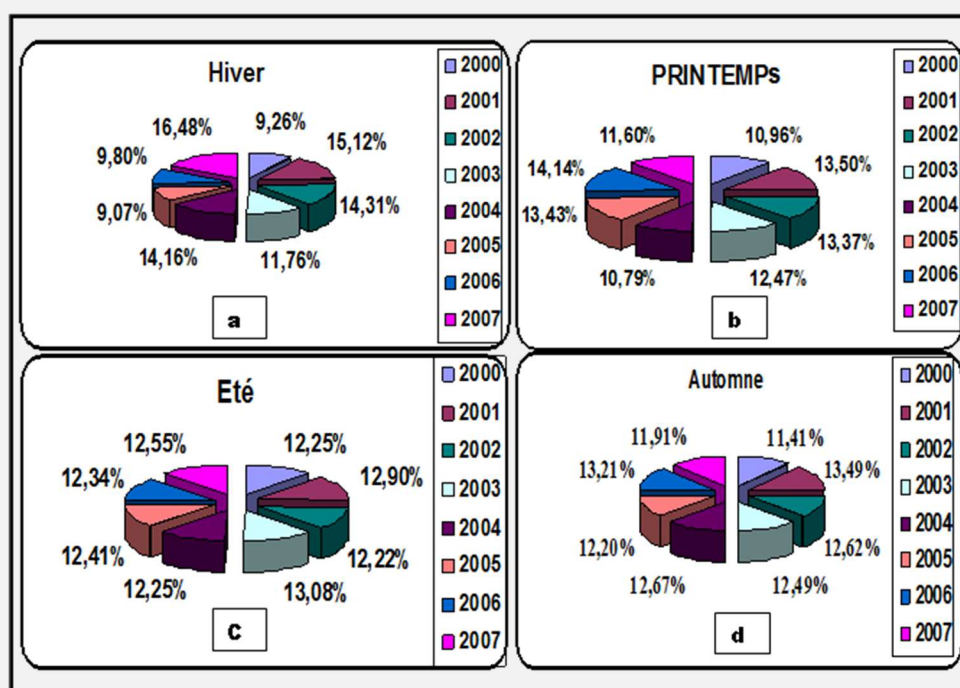


Figure 4. Cumul thermique saisonnier dans la station de Sétif durant la période 2000-2007

3.2. Cumul thermique saisonnier moyen (2000-2007)

Le cumul thermique présente une moyenne hivernale de 3984,6°C et estivale de 18616,9°C, soit 9,16% et 42,82%, alors que la période automnale et printanière correspondent respectivement à 11330,9°C et 9546,9°C, soit respectivement 26,06% et 21,96%. (fig 5).

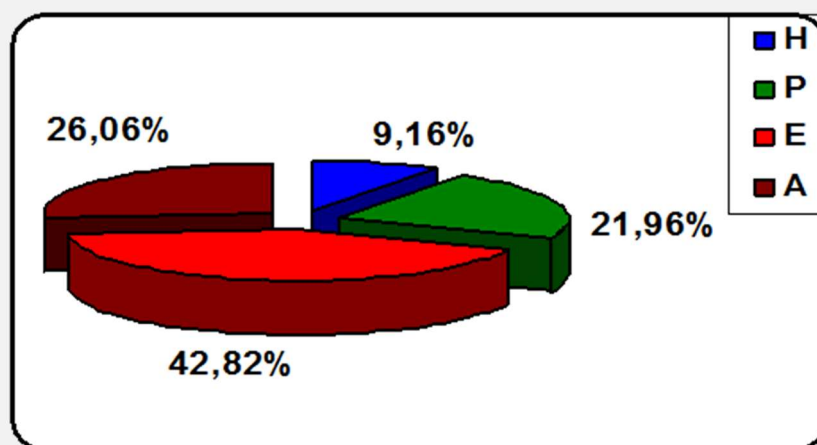


Figure 5. Cumul thermique saisonnier moyen dans la station de Sétif durant la Période 2000-2007

3.3. La variabilité thermique saisonnière

La variabilité thermique saisonnière est variable durant la période d'étude, on constate que l'hiver, le printemps et l'automne présentent une variabilité équilibrée (Tab 4).

La variabilité des températures maximales et minimales saisonnières montre que les phases des saisons printanières et automnales sont plus régulières que les autres saisons hivernales et estivales avec des pics observés pour chaque saison.

Tableau 4. Variabilité thermique saisonnière

année	H			p			E			A						
	cumul	variabilité		tend	cumul	variabilité		tend	cumul	variabilité		tend	cumul	variabilité		tend
		c°	%			c°	%			c°	%			c°	%	
2000	2953,2	-1031,4	-10,314	▲	8164,2	-1382,5	-13,825	▲	18246,7	-370,2	-3,702	▲	10342,4	-988,5	-9,885	▲
2001	4822,2	837,6	8,376	▼	10312,6	765,9	7,659	▼	19208,6	591,7	5,917	▼	12229,0	898,1	8,981	▼
2002	4562,5	577,9	5,779	▼	10214,5	667,8	6,678	▼	18205,4	-411,5	-4,115	▲	11443,7	112,8	1,128	▼
2003	3751,7	-232,9	-2,329	▲	9524,5	-22,2	-0,222	▲	19476,9	860,0	8,600	▼	11319,0	-11,9	-0,119	▲
2004	4514,1	529,5	5,295	▼	8242,3	-1304,4	-13,044	▲	18247,1	-369,8	-3,698	▲	11485,8	154,9	1,549	▼
2005	2893,0	-1091,6	-10,916	▲	10259,2	712,5	7,125	▼	18477,7	-139,2	-1,392	▲	11058,6	-272,3	-2,723	▲
2006	3126,3	-858,3	-8,583	▲	10799,0	1252,3	12,523	▼	18381,0	-235,9	-2,359	▲	11975,5	644,6	6,446	▼
2007	5254,1	1269,5	12,695	▼	8856,9	-689,7	-6,897	▲	18691,9	75,0	0,750	▼	10792,8	-538,1	-5,381	▲
moy	3984,6				9546,7				18616,9				11330,9			

3.4. Cumul thermique annuel

L'évolution du spectre thermique montre que celle-ci est régulière ; en général, on constate une variabilité non significative comprise entre 45944,2°C (13,02%) pour l'année 2001 et 42494, 8°C (12,04%) pour l'année 2005. (Fig 5).

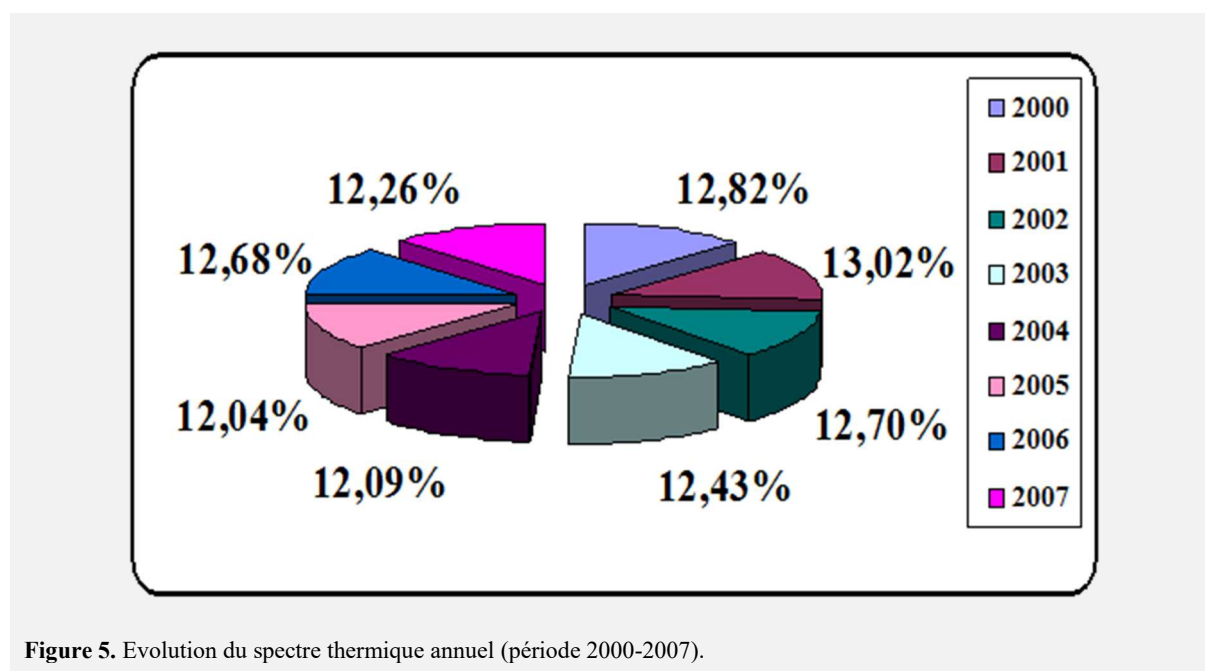


Figure 5. Evolution du spectre thermique annuel (période 2000-2007).

D'après les résultats du tableau et l'étude du cumul thermique annuel et saisonnier on constate que la région de Sétif possède un régime thermique de type EAPH.

Tableau 5. Régime thermique annuel et saisonnier de la station de Sétif (période 2000-2007).

Années	cumul thermique annuel (°c)	Cumul thermique saisonnier				Régime saisonnier
		H	P	E	A	
2000	45246,0	2953,20	8164,20	18246,70	10342,40	EAPH
2001	45944,2	4822,21	10312,60	19208,60	12229,00	EAPH
2002	44809,8	4562,50	10214,50	18205,40	11443,70	EAPH
2003	43561,2	3751,70	9524,50	19476,90	11319,00	EAPH
2004	42660,5	4514,10	8242,30	18247,10	11485,80	EAPH
2005	42494,8	2893,00	10259,20	18477,70	11058,60	EAPH
2006	44763,9	3126,30	10799,00	18381,00	11975,50	EAPH
2007	43271,7	5254,10	8856,93	18691,90	10792,80	EAPH
Moy	44094,0	3984,6	9546,7	18616,9	11330,9	EAPH

L'analyse des températures annuelles absolues, elles montrent qu'il y a une variabilité importante pour la période hivernale et estivale. L'évolution des températures tri horaires de la période 2000-2007 montre des différences significatives des écarts par rapport à la moyenne saisonnière, les différentes phases observées sont régulières pour l'automne et le printemps et irrégulières pour l'hiver et l'été.

De ce fait, l'analyse détaillée des températures tri- horaires montre que l'année 2001 est la plus chaude des 8 ans étudiées, alors que 2005 est la plus froide, l'étude de ces deux années montre une variabilité très importante entre elles, les valeurs maximales sont enregistrées au mois de juillet correspondant à 6820°C pour l'année 2001 et 5820,1°C pour l'année 2005 et les minimales sont observées au mois de février correspondant respectivement à 1307,8 et 540,7 l'écart le plus élevé entre les deux années est enregistré au cours de la saison hivernale, alors que le moins élevé est observé pendant la saison printanière.

L'évolution du cumul thermique mensuel (degré mois), saisonnier (degré saison) et annuel (degré année) montre que l'été est classé en premier avec un total thermique de 18616,9°C (42,82%), suivi par l'automne de 11330,9 (26,06%), le printemps 9546,9°C (21,96%) et l'hiver de 3984,6°C (9,16%), donc la région de Sétif possède un régime thermique de type EAPH, le basculement se fait entre le printemps et l'automne.

L'analyse de séries climatiques longues, sur les 50 à 100 dernières années d'observations, permet de mettre en évidence, d'une part, dans certaines zones de la France une tendance à long terme, par exemple sur les températures (Pfister 1999 ; Lebourgeois et al. 1999), mais aussi, d'autre part, une très forte variabilité interannuelle des principales variables climatiques, qui rend d'autant plus difficile la mise en évidence des tendances à long terme. Le remplacement d'espèces nordiques par d'autres provenant de régions plus méridionales se fera sur une période de plusieurs centaines d'années, donnant l'occasion aux aménagistes forestiers de prendre des mesures pour en diminuer les effets (Loehle 1998). Cette critique est entièrement basée sur les relations croissance température et ne considère pas les possibles effets des changements climatiques sur le taux de survie, la croissance des espèces nouvellement immigrées (Woodward 1987 ; Schenk 1996), ni l'augmentation de la variabilité climatique (e.g. gel printanier tardif ou sécheresse) (Francis et Hengeveld 1998).

4. Conclusion

L'évolution des températures minimales et maximales saisonnières sur la période (2000-2007) à Sétif montre un réchauffement estival et printanier, un refroidissement automnal et une stabilité hivernale.

La variabilité saisonnière des températures minimales et maximales tri-horaires pour les 4 saisons montre une variabilité de 40% pour la saison automnale, 47% pour la saison printanière, 23% pour la saison estivale et 63% pour la saison hivernale.

L'analyse détaillée des données tri horaires de la période d'étude permet de mieux définir les périodes exceptionnellement froides et chaudes pour la région de Sétif (Laala 2009) et de déterminer les différents stress, les stress froids en nombre de 284 avec une durée de 3270 heures, alors que les stress chauds (146) durent 1026 heures.

Le spectre thermique présente une variabilité inter mensuelle. Le cumul présente une évolution graduelle de 53% de variation avec une moyenne de 1840.76°C. un minimum au mois de janvier avec 1221.96°C et un maximum en juillet avec 6196.79°C.

Le spectre thermique moyen annuel avec 43479,3 °C montre que l'été représenté 42,82% du cumul annuel, suivi de l'automne (26,06%), du printemps (21,96%) et l'hiver (9,16%) ce qui signifie que la région de Sétif possède un régime thermique de type EAPH.

5. Références

- Francis D; Hengeveld, H (1998)** Extreme weather and climate change. Environment Canada, Ministry of Environment. Ottawa, Canada. 31p.
- Iverson, L.R; Prasad, A.M (2001)** Potential Changes in Tree Species Richness and Forest Community Types Following Climate Change. *Ecosystems* 4: 186-199.
- Iverson, L.R; Prasad, A.M. (2002)** Potential redistribution of tree species habitat under five climate change scenarios in the eastern US. *Forest Ecology and Management* 155: 205-222.
- Kramer P.J; Boyer J.S (1995)** Water relations of plants and soils. Academic Press, San Diego. pp27-29
- Laala Ahmed (2009)** comportements des semis de Pin d'Alep sous contraintes thermiques. Magistère en Ecophysiologie et biotechnologie végétale 204p, Univ de Constantine.
- Lebourgeois F; Granier A; Breda N (1999)** Une nette tendance à l'augmentation des températures en France depuis les années 1950.
- Loehle C (1998)** Height Growth Rate Tradeoffs Determine Northern and Southern Range Limits for Trees. *Journal of Biogeography* 25: 735-742.
- Rached- Kanouni M (2013)** Adaptation du Chêne liège (*Quercus suber* L.) aux conditions extrêmes de température. Doctorat en Sciences, Uni. des Frères Mentouri Constantine, 142 p.
- Troll W Lindsley J (1955)**. A photometric method for the determination of proline, *Biol. Chem.* 215: 655- 660.
- Woodward F.I (1987)** Climate and Plant Distribution. Cambridge University Press, Cambridge.
- Zekri D (2008)** Comportement des semis de Chêne liège en climat semi aride dans la région de Constantine. Magistère en Ecologie et Environnement, Uni. Des Frères Mentouri Constantine 1,165p.
- Zerrad W ; Hillali S ; Mataoui B ; El Antri S ; Hmyene A (2006)** Etude comparative des mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur ; *Biochimie, Substances naturelles et environnement, Congrès international de biochimie, Agadir.*