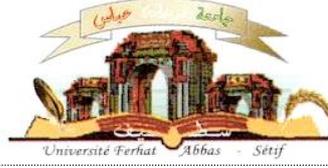


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université Ferhat Abbas Sétif 1  
Faculté des Sciences de la  
Nature et de la Vie



جامعة فرحات عباس، سطيف 1  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET ECOLOGIE VEGETALES

N°...../SNV/2020

**THÈSE**

Présentée par

**MISSAOUI Khaled**

Pour l'obtention du diplôme

**DOCTORAT EN SCIENCES**

**Filière: BIOLOGIE**

**Spécialité: ÉCOLOGIE VÉGÉTALE**

**THÈME**

**Dynamique des écosystèmes du Sétifois face aux changements globaux.**

Soutenue publiquement le 18/11/2020

DEVANT LE JURY

Présidente	<b>Ouahrani Ghania</b>	<b>Pr. UFA Sétif 1</b>
Directeur	<b>Gharzouli Rachid</b>	<b>Pr. UFA Sétif 1</b>
Co-directrice	<b>Djellouli Yamna</b>	<b>Pr. Émérite Univ LeMans France</b>
Examinatrices	<b>Boulaacheb Nacira</b>	<b>Pr. UFA Sétif 1</b>
	<b>Kanouni Rached Malika</b>	<b>MCA UNV Oum El Bouaghi</b>
	<b>Neffar Souad</b>	<b>MCA UNV Tébessa</b>

*Laboratoire de PUVIT.*

# Remerciement

De prime abord, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance et mes vifs remerciements à mon professeur Gharzouli Rachid et Djellouli Yamna pour l'opportunité qu'ils m'ont offert de travailler avec eux. La très haute qualité scientifique de leur encadrement, la convivialité et leur enthousiasme ont été déterminants dans l'aboutissement de cette thèse.

Je remercie Madame, professeur Ouahrani Ghania, pour avoir accepté de présider le jury de soutenance, tout le plaisir est pour moi ; je la remercie aussi pour sa disponibilité.

Mes vifs remerciements aussi à Mesdames, professeurs Boulaacheb Nacira et Kanouni Rached Malika, Nefar Souad ; Maître de conférence que je les respecte beaucoup ; le destin a voulu qu'elles me fassent l'honneur d'être présents dans le jury de ma thèse.

Je ne pourrais remercier jamais assez Madame Djellouli Yamna, Professeur émérite, Laboratoire ESO Espace Géographique et Société. LeMans Université France. Ouvert ses bras pour m'accueillir dans le Laboratoire et qui a mis à ma disposition l'ensemble des données images satellitaires son soutiens et codirigé cette thèse. Dans l'ampleur je tiens a remercié vivement Messner François Géomaticiens, laboratoire ESO. Pour sa contribution, à mettre a jour cette thèse.

J'exprime enfin ma reconnaissance aux institutions et personnes-ressources qui ont d'une manière ou d'une autre contribué à la réussite de mon travail, je cite :

- Le personnel de service des forêts de Sétif notamment ; Les conservateurs des forêts, Mr Guessas Djamel (chef de circonscription des forêts de Ain el Kebira), pour son accueil chaleureux (véhicules et documentations), sa collaboration et sans oublier les autres circonscriptions (Ain Oulmene, Bougaa) de nous avoir facilité la tâche durant les sorties sur terrain.
- Dr. Bounar Rabeh, Maître de conférence à l'université de M'Sila d'avoir mis à ma disposition documentations, ces informations et critiques précieux.
- Mes amis et collègues : Ahmed, Assil, Akram et Fethi pour leur bonne collaboration sur le terrain. Je tiens à exprimer toute ma gratitude à ma femme Amina pour son aide, conseils, soutien et sa confiance tout au long de ce travail.

Enfin, je veux aussi remercier tous mes amis (es) qui m'ont aidé, soutenu et supporté tout au long de ce travail. Je tiens enfin à remercier très chaleureusement tous ceux qui ont patiemment relu ce travail et m'ont aidé à le finaliser.

*Je dédie cette thèse à :*

*La mémoire de mes Parents*

*Mes très chers beaux parents*

*Ma très chère femme Amina et ma chère fille Alaa Errahmene*

*Mes très chers frères et sœurs*

*Mes beaux frères et belles sœurs*

*Mes amis et collègues de l'université Ferhat Abbas Sétif.*

## ملخص

شهدت سطيف ، مثل مناطق أخرى في الجزائر ، موجات جفاف متكررة لعدة عقود. هذه الأخطار المناخية ، نتيجة لتغير المناخ ، يتم تسليط الضوء عليها من خلال التحليل الإحصائي لبيانات المناخ ، وخاصة هطول الأمطار ودرجات الحرارة. أظهر تحليل السلاسل الزمنية لهذه المعلمات المناخية ، مكملة ببيانات من جهازي استشعار Landsat و MODIS للفترة من 2000 إلى 2019 ، أن هناك انقطاعاً في هذه السلسلة. تم تأكيد هذا التمزق من خلال المسحات الميدانية ، ولا سيما بين المزارعين. يعتمد الحفاظ على الغطاء النباتي ، وكذلك الحفاظ على التنوع البيولوجي ، على الظروف البيئية ، ولا سيما الظروف المناخية. يتم إبراز تأثير تغير المناخ على ديناميكيات النظم البيئية من خلال استخدام صور الأقمار الصناعية. يُظهر التحليل المكاني المرتبط بالتحليلات الإحصائية لسلوك الغطاء النباتي فيما يتعلق بالعوامل المناخية أن الغطاء النباتي للغابات والمروج الحرجية قد أدى إلى تدهور المناطق التي تشغلها هذه التكوينات. انخفضت قيم NDVI و NDMI بشكل كبير في السنوات العشر الماضية. وقد أظهر تطبيق تقنيات المراقبة هذه ، على ستة تشكيلات نباتية ، أن هناك انحداراً في الطبقة الخضرية وأن الفينولوجيا في بساتين الأرز قوية جداً. يعتمد على الثلج .

**الكلمات المفتاحية :** تغير المناخ ، بساتين الارز الاطلسي ، NDMI ، NDVI ، سطيف  
ديناميكيات الغطاء النباتي ،

# Résumé

Le Sétifois, à l'instar des autres régions d'Algérie, connaît des périodes de sécheresse récurrentes depuis plusieurs décennies. Ces aléas climatiques, conséquence du changement climatique, sont mis en évidence par l'analyse statistique des données climatiques, principalement les précipitations et les températures. L'analyse des séries chronologiques de ces paramètres climatiques, complétée par celles des données de deux capteurs LandSat et MODIS pour une période de 2000 jusqu'au 2019 a montré qu'il y a une rupture au niveau de ces séries. Cette rupture a été confirmée par des enquêtes de terrain, notamment auprès des agriculteurs. Le maintien de la couverture végétale, ainsi que celui de la biodiversité est tributaire des conditions écologiques et plus particulièrement climatiques. L'impact des changements climatiques sur la dynamique des écosystèmes est mis en exergue par l'exploitation des images satellites. L'analyse spatiale associée à des analyses statistiques du comportement de la végétation vis-à-vis de facteurs climatiques montre que la végétation forestière et prés forestière a eu une dégradation des superficies occupées par ces formations. Les valeurs de l'NDVI et NDMI ont diminuées considérablement dans les dix dernières années. L'application de ces techniques de suivi, sur six formations végétales, a montré qu'il y a une régression du tapis végétal et que la phénologie des cédraies est fortement tributaire de l'enneigement.

**Mots clés :** Changement climatique, cédraies, dynamique de la végétation, NDVI, NDMI, Sétifois.

# Abstract

Setifois, like other regions of Algeria, has experienced recurring droughts for several decades. These climatic hazards, a consequence of climate change, are highlighted by the statistical analysis of climate data, mainly precipitations and temperatures. The analysis of the time series of these climatic parameters, supplemented by those of data from two sensors LandSat and MODIS for a period from 2000 to 2019 showed that there is a break in these series. This rupture was confirmed by field surveys, in particular among farmers. The maintenance of plant cover, as well as that of biodiversity, depends on ecological and more particularly climatic conditions. The impact of climate change on the dynamics of ecosystems is highlighted by the use of satellite images. Spatial analysis associated with statistical analyses of the behavior of the vegetation with respect to climatic factors shows that the forest vegetation and forest meadows have had a degradation of the areas occupied by these formations. The values of NDVI and NDMI have declined dramatically over the past ten years. The application of these monitoring techniques, on six plant formations, showed that there is a regression of the vegetation cover and that the phenology of cedar forests is highly dependent on snow cover.

**Keywords :** Climate change, Cedargroves, vegetationDynamics, NDVI, NDMI, Setifois.



---

# Table des matières

<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
<b>1 Synthèse bibliographique</b>	<b>4</b>
1.1 Concepts généraux . . . . .	4
1.2 La phytodiversité au sein des écosystèmes méditerranéens . . . . .	7
1.3 Les écosystèmes méditerranéens face au changement global . . . . .	8
1.3.1 L'influence des changements globaux sur la végétation . . . . .	9
1.3.2 Les zones humides face aux changements climatiques . . . . .	12
1.4 L'importance de la télédétection dans le suivi de l'évolution des écosystèmes	13
1.4.1 Etude du couvert végétal à partir des données de la télédétection . .	15
1.4.2 Etude des zones humides à partir des données de télédétection . . .	16
<b>2 Présentation de la région d'étude</b>	<b>17</b>
2.1 Situation géographique . . . . .	17
2.2 Géologie . . . . .	18
2.3 Hydrographie . . . . .	18
2.4 Le climat . . . . .	19
2.4.1 Les précipitations . . . . .	19
2.4.2 Les températures . . . . .	22
2.4.3 L'humidité . . . . .	23
2.4.4 Les vents . . . . .	24
2.4.5 Synthèse climatique . . . . .	24
2.5 Flore et végétation . . . . .	26
<b>3 Méthodologie</b>	<b>28</b>
3.1 Mise en évidence du changement climatique . . . . .	28

---

3.1.1	Entretiens et enquêtes . . . . .	28
3.1.2	Etude climatique . . . . .	29
3.2	Relation climat et phénologie . . . . .	32
3.2.1	La description physionomique des écosystèmes du Sétifois . . . . .	32
3.2.2	L'apport de modèle numérique de terrain (MNT) . . . . .	33
3.2.3	L'apport des images satellites . . . . .	33
<b>4</b>	<b>Résultats et discussion</b>	<b>37</b>
4.1	Identification et caractérisation des écosystèmes du Sétifois . . . . .	37
4.1.1	Apport de la télédétection dans la caractérisation des écosystèmes . . . . .	37
4.1.2	Typologie de la végétation du Sétifois . . . . .	38
4.1.3	Enquête . . . . .	61
4.1.4	Entretiens . . . . .	63
4.2	Analyse climatique . . . . .	67
4.2.1	Analyse de la pluviométrie . . . . .	67
4.2.2	Analyse de la température . . . . .	73
4.3	L'apport du modèle numérique de terrain (MNT) . . . . .	88
4.3.1	Carte hypsométrique . . . . .	89
4.3.2	Classes des pentes . . . . .	90
4.3.3	Classes des expositions . . . . .	92
4.4	L'apport de la télédétection dans l'étude des écosystèmes : . . . . .	94
4.4.1	Méthode de combinaison des données spectrales et spatiales de Land-Sat pour le suivi de la phénologie . . . . .	94
4.4.2	Méthode de détection des changements de la végétation à partir de la série temporelle d'images satellites MODIS . . . . .	110
4.4.3	Evolution de la phénologie des cédraies en fonction des précipitations (Enneigement, pluie) . . . . .	118
	<b>Conclusion Générale</b>	<b>124</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>129</b>

---

# Table des figures

1.1	Estimation de la biodiversité dans les habitats forestiers méditerranéens sur la base des résultats d'évaluation des risques d'extinction de la liste rouge de l'UICN aux niveaux mondiale et régional méditerranéen. . . . .	8
1.2	Synthèse des processus spatio-temporels affectant la composition d'une communauté dans le temps et l'espace (d'après Fried, 2019). . . . .	11
1.3	Schéma simplifié des principes de la télédétection entre le satellite et la cible (Chuviéco, 1996). . . . .	14
2.1	Limite géographique du Sétifois. (Source. Missaoui 2020) . . . . .	18
2.2	Le réseau hydrographique de la wilaya de Sétif (D.H, 2018) . . . . .	19
2.3	Histogramme des Précipitation moyennes mensuelles. . . . .	20
2.4	Carte pluviométrique de la wilaya de Sétif : Extrait de la carte pluviométrique de l'Algérie du Nord. Ech 1 :500000, Source ANRH). . . . .	21
2.5	Variations annuelles de régime pluviométrique . . . . .	21
2.6	Variations annuelles de régime pluviométrique saisonnier. . . . .	22
2.7	Variations moyennes mensuelles des températures moyennes, maximales et minimales. . . . .	23
2.8	Variation moyenne mensuelle de l'humidité. . . . .	23
2.9	Variation moyenne mensuelle de la vitesse des vents. . . . .	24
2.10	Classification du climat en Algérie (Agence National d'Aménagement du territoire, 1993) . . . . .	25
2.11	Diagramme ombrothermique . . . . .	26
4.1	Composition colorée Infrarouge couleur sur image satellite Landsat8 . . . . .	38
4.2	Formation forestière à Babors 2018 . . . . .	40
4.3	Forêt mixte <i>Cedrus atlantica</i> . Babors 2018. . . . .	41

4.4	Forêt riveraine : Oued Bou Sellem. 2017 . . . . .	43
4.5	Déversement des eaux usées dans Oued Bou Sellem. 2017 . . . . .	44
4.6	Coupes d'arbres, Oued Bou Sellem 2018. . . . .	45
4.7	Localisation Oued El Kharouaa. (Source ADE Sétif 2017) . . . . .	46
4.8	Répartition des stations effectuées. Oued El Karouaa 2017 . . . . .	47
4.9	Station kef El Dalia, Oued El kharouaa, Sétif. Mai 2017 . . . . .	48
4.10	Station n°2, Oued El kharouaa, Sétif. Mai 2017 . . . . .	49
4.11	Station n° 4, Oued El Kharouaa, Sétif. Juin 2017 . . . . .	50
4.12	Localisation de la ripisylve Oued El Bordj, Sétif. (Source DH Sétif) . . . . .	51
4.13	Photo de l'amont ; Oued El Bordj, Megriss. 2016 . . . . .	51
4.14	Station 2 représente les espèces rupicoles, Oued El Borj, Megriss Juin 2015	52
4.15	Station 3, Formation à Ulmus et des hygrophytes, Oued El Borj, Megriss. Juin 2015 . . . . .	53
4.16	Station n° 4, Prairie à base d'hémicryptophytes, Oued El Borj, Megriss. Juin 2016 . . . . .	54
4.17	Diversité de la station n° 6 (Pyrus Communis), Oued El Borj, Megriss. Juin 2016 . . . . .	55
4.18	Station d'érable champêtre dans les gorges, Oued El Borj, Megriss. Juin 2015	56
4.19	Erable Champêtre Oued El bordj Megriss, Juillet 2015 . . . . .	56
4.20	Matorrals à Diss et genévrier oxycèdre, Bougâa 2017 . . . . .	58
4.21	Répartition spatial des chotts et sebkhat dans les plaines sétifiennes (2017) .	60
4.22	Information sur les enquêtées . . . . .	61
4.23	Nature de terrain des enquêtées . . . . .	62
4.24	Spectre des réponses sur le changement du climat . . . . .	63
4.25	Rendements annuel de la production végétale, Sétif (DSA, 2017) . . . . .	64
4.26	Production du miel, lait et la viande rouge, Sétif (DSA, 2017) . . . . .	65
4.27	Indice Standard des Précipitations (ISP) . . . . .	69
4.28	Nombre de jour de neige . . . . .	71
4.29	Test d'homogénéité de la pluviométrie (mu1 : 1ère période, mu2 : 2ème période	72
4.30	Variabilité de la température moyenne mensuelle du mois d'Avril (mu1 : 1ère période, mu2 : 2ème période) . . . . .	75
4.31	Test d'homogénéité de la température minimale mensuelle (mu1 : 1ère pé- riode, mu2 : 2ème période) . . . . .	79
4.32	Test d'homogénéité de la température moyenne et maximale (mu1 : 1ère période, mu2 : 2ème période) . . . . .	84
4.33	Diagramme ombrothermique de deux périodes :1982-2009 /2010-2019 . . .	87
4.34	Carte hypsométrique de Sétif (2020) . . . . .	89

4.35 Répartition des classes d'altitude . . . . .	90
4.36 Carte des pentes de Sétif (2020) . . . . .	91
4.37 Répartition des classes des pentes . . . . .	92
4.38 Carte des expositions de Sétif (2020) . . . . .	93
4.39 Evolution de l'NDVI , période estivale 2007-2019 . . . . .	96
4.40 Histogramme des réponses spectrales NDVI estivale : 2007- 2019 . . . . .	97
4.41 Histogramme de la répartition de l'NDVI, période estivale. . . . .	98
4.42 Evolution de l'NDVI, période hivernale, 2007-2019 . . . . .	99
4.43 Histogramme des réponses spectrales NDVI hivernale, 2007- 2019. . . . .	100
4.44 Histogramme de la répartition de l'NDVI dans la période hivernale . . . . .	101
4.45 Répartition spatiotemporelle de l'NDMI estival . . . . .	103
4.46 Histogramme des réponses spectrales NDMI estival : 2007- 2019 . . . . .	104
4.47 Histogramme de la répartition des classes de l'NDMI estivale . . . . .	105
4.48 Répartition spatiotemporelle de l'NDMI hivernal . . . . .	107
4.49 Histogramme des réponses spectrales NDMI hivernal : 2007- 2019 . . . . .	108
4.50 Histogramme de la répartition des classes de l'NDMI hivernale . . . . .	109
4.51 Représentation graphique des valeurs d' NDVI et l'NDMI 2007-2019 . . . . .	109
4.52 Comportement de l'NDVI des six formations végétales du Sétifois . . . . .	112
4.53 Représentation graphique du test Freidman . . . . .	115
4.54 Box plot de la comparaison des valeurs NDVI de type de végétation . . . . .	118
4.55 Représentation de la répartition de l'NDVI du cèdre de l' Atlas dans les monts de Babors et Boutaleb . . . . .	119
4.56 Diagramme en boîte à moustache du NDVI de la forêt de Cèdres de l' Atlas des monts des Babors et de Boutaleb, dérivé d'images MODIS au cours de la période 2000 à 2018 . . . . .	120
4.57 Diagramme en boîte à moustache de régression linéaire des variables NDVI des monts Boutaleb et Babors . . . . .	121

# Liste des tableaux

3.1	Les valeurs de l'indice standard des précipitations (SPI). (Svoboda <i>et al</i> , 2012)	32
4.1	Les principales espèces récoltées dans la station 1 . . . . .	52
4.2	Les principales espèces récoltées dans cette formation végétale . . . . .	53
4.3	Les principales espèces inventoriées dans la station n° 03 . . . . .	54
4.4	Les principales espèces inventoriées dans cette station . . . . .	55
4.5	Liste des espèces inventoriées dans la station . . . . .	57
4.6	Statistiques descriptives des données pluviométriques . . . . .	68
4.7	Statistiques descriptives de l'Indice Standard des Précipitations (ISP) . . . . .	70
4.8	Comparaison des résultats des tests d'homogénéité des précipitations. . . . .	71
4.9	Test de tendance de Mann Kendall et Pente de Sen des cumuls pluviométriques mensuel et annuel . . . . .	73
4.10	Statistiques descriptives des valeurs de la température mensuelle . . . . .	74
4.11	Tests d'homogénéité de la température moyenne mensuelle . . . . .	75
4.12	Test de tendance de Mann Kendall et Pente de Sen des moyennes thermiques mensuel . . . . .	76
4.13	Statistiques descriptives des valeurs de la température minimale mensuelle . . . . .	77
4.14	Tests d'homogénéité de la température minimale mensuelle . . . . .	78
4.15	Test de tendance de Mann Kendall et Pente de Sen des températures minimales . . . . .	80
4.16	Statistiques descriptives des valeurs de la température maximale . . . . .	81
4.17	Comparaison des résultats des tests d'homogénéité de la température maximale . . . . .	82
4.18	Test de tendance de Mann Kendall et Pente de Sen des températures moyennes maximales . . . . .	85
4.19	Répartition de l'interprétation des classes de l'NDMI (Antognelli ,2018) . . . . .	102
4.20	Matrice de corrélation . . . . .	110

---

4.21	Analyse de la variance . . . . .	110
4.22	Analyse des données de l'NDVI de la série temporelle MODQ13 . . . . .	114
4.23	Test de Freidman . . . . .	115
4.24	Analyse des données de l'NDVI de la série temporelle MODQ13 . . . . .	116
4.25	Analyse des données de l'NDVI de la série temporelle MODQ13 . . . . .	117
4.26	Résultats du test Student . . . . .	120
4.27	Régression linière des variables NDVI . . . . .	121

---



---

# Abréviations

**ADE** : Algérienne Des Eaux

**ANRH** : Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques

**CV** : Coefficient de variation

**IP** : Indice pluviométrique

**M A TE** : Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement

**MNT** : Modèle numérique de terrain

**NDVI** : Normalized Difference Vegetation index (Indice de végétation normalisé)

**NDMI** : Normalized Difference Moisture Index (Indice d'humidité des plantes)

**DH** : Direction de l'Hydraulique

**SWIR** : Short-wave length infrared.

**EVI** : Indice de Végétation Amélioré

**LAI** : Indice Foliaire

**MNT** : Modèle Numérique de Terrain

**P** : Précipitation

**T** : Température

**Q<sub>2</sub>** : Quotient pluviométrique

**SIG** : Système d'information géographique



---

# Introduction générale

Le Sétifois se particularise par une diversité écosystémique remarquable. La disparité des reliefs, l'hétérogénéité climatique et la multitude des substrats géologiques sont à l'origine de la différenciation d'une flore et d'une végétation riches et variées. La spécificité, des écosystèmes, se manifeste, notamment, par l'existence d'éléments biotiques et abiotiques différents d'un écosystème à l'autre, du Nord au Sud et d'Est à l'Ouest (Noss, 1990).

L'organisation spatiale de ces écosystèmes, selon un gradient latitudinale et altitudinale, est tributaire du bioclimat et de la topographie. Du nord au sud nous retrouvons la plupart des grands types d'écosystèmes continentaux reconnus en Algérie (MATE, 2014) : les écosystèmes forestiers (forêts à conifères méditerranéens, forêts caducifoliées, forêts sclérophylles et groupements préforestiers), les écosystèmes humides (mares temporaires, chotts et sebkhas et cours d'eau plus ou moins temporaires), les écosystèmes steppiques (steppes à alfa et à armoise essentiellement) ainsi que les agroécosystèmes.

La vulnérabilité de ces écosystèmes s'est accentuée avec le phénomène des changements globaux que connaît notre planète. Parmi ces changements l'impact des changements climatiques nous semble le plus prépondérant sur l'évolution des écosystèmes continentaux et plus particulièrement les écosystèmes forestiers. La structure et la composition spécifique de ces écosystèmes sont conditionnées par les facteurs écologiques, principalement le climat. Par conséquent tout changement climatique les impactera.

Plusieurs questions se posent à nous : Quel est l'impact de ces changements climatiques sur la dynamique des écosystèmes, sur leur structure et sur leur biodiversité ? Quel sera le comportement des écosystèmes par rapport aux variations bioclimatiques ?

Le concept de changements climatiques a fait l'objet de nombreux travaux à travers le monde (Collins et al., 2013 ; Masson-Delmotte et al., 2013). Les gaz tels que la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone, l'ozone et le méthane agissent comme le plafond de verre d'une serre dans l'atmosphère en emprisonnant la chaleur et en réchauffant la planète. Ces gaz sont

appelés des gaz à effet de serre. Les émissions provenant des activités humaines telles que la combustion des énergies fossiles, les activités agricoles et les changements dans l'utilisation des terres augmentent les niveaux naturels de ces gaz. Cette augmentation a pour effet de réchauffer la surface de la Terre et la basse atmosphère. Les augmentations de la température, si petites soient-elles, donnent lieu à d'autres changements. L'augmentation des niveaux de gaz à effet de serre a déjà entraîné des changements climatiques (McCarthy et al., 2001). La température mondiale moyenne a augmenté d'environ 0,6 degrés Celsius depuis le milieu des années 1800, ce qui a eu des conséquences sur le monde entier. L'augmentation des températures semble être une tendance forte appuyée par plusieurs travaux (Smagorinsky et al., 1965 ; Gebhart, 1967 ; Bryson, 1970 ; Broecker, 1975 ; Watts, 1980 ; Ramanathan et al., 1985 et Lobell & Field 2007).

Les principaux travaux scientifiques consacrés aux changements climatiques, dans le sétifois, ont trait à un agrosystème particulier.

Bouzerzour et al., 1995, ont étudié le comportement génétique et le rendement en grains de l'orge cultivé dans deux stations à environnement contrasté. Rouabhi, 2014, a abordé les implications des changements climatiques dans l'agriculture et le développement durable. Bouregâa, 2018, a développé des modèles d'irrigation vis-à-vis du changement climatique et la gestion de l'eau. Les travaux de Chourghal, 2016 vise les impacts des changements climatiques sur la culture du blé dur en Algérie. Tous ces travaux rentrent dans le cadre de la gestion de l'eau d'irrigation dans les écosystèmes agraires.

En écologie il n'y a pas de travaux menés sur les changements climatiques et leurs impacts sur le comportement biologique et phénologique des écosystèmes naturels dans le Sétifois. D'où l'importance de contribuer dans ce travail l'impact des changements climatiques et leurs incidences sur le comportement phénologique de quelques formations forestières du Sétifois.

Nous nous proposons, dans ce travail, de démontrer la réalité du changement climatique dans notre région, dans un premier temps et d'analyser la dynamique de la végétation durant cette même période.

La variabilité climatique est appréhendée dans une première étape par l'analyse statistique des données climatiques.

Le concept de changement climatique est envisagé, aussi, sous l'angle socioéconomique.

La dynamique des écosystèmes est envisagée par la caractérisation et l'interprétation des relevés de végétation sur le plan physiognomique d'une part et par l'interprétation d'image satellites d'autre part.

L'étape qui va être consacrée aux techniques de traitements des images satellites seront les plus illustratives, pour l'étude diachronique des écosystèmes du Sétifois.

Ce document est structuré en quatre chapitres. Le premier traite de l'analyse bibliogra-

---

phique des principaux concepts développés dans cette étude, notamment le concept de changements globaux. Le deuxième chapitre est consacré à la présentation et à la caractérisation écologique de la zone d'étude. Dans le troisième chapitre nous présentons les différentes méthodes utilisées pour la récolte et l'analyse des données recueillies. Le quatrième et dernier chapitre concerne l'exposé et l'interprétation des résultats ainsi que la présentation des différentes cartes réalisées.

---

# Synthèse bibliographique

## 1.1 Concepts généraux

Le changement global concerne toutes les modifications majeures engendrées tant par les activités anthropiques que par les facteurs naturels.

Le changement global est la conséquence d'une empreinte écologique humaine considérable. Une formidable expérience est en cours à l'échelle de la planète par les expérimentateurs et les chercheurs. L'utilisation des fossiles (gaz, charbon, pétrole) à un niveau jamais égal affecte le climat de la planète par le rejet de gaz à effet de serre. L'urbanisation et l'intensification agricole accroissent la fragmentation des habitats. La production de nombreux polluants affectent tant les cycles biogéochimiques que la physiologie des organismes vivants, y compris celle des humains (augmentation de la pénétration d'UV, perturbateurs endocriniens ...). La biodiversité est affectée par ce changement global, tant pour sa composante climatique que par toutes ses autres composantes, tant au travers des modifications du fonctionnement des écosystèmes que des changements d'utilisation, voir des représentations du vivant (Morand, 2006).

Pendant de longues années, le phénomène du changement climatique ou variabilité climatique n'a pas fait l'unanimité au sein de la communauté des scientifiques. Certains estiment ne pas avoir assez de recul pour dire si le réchauffement est un épisode temporaire ou s'il est lié à une réelle modification de la composition de l'atmosphère ou autres ou la signification de la variabilité climatique. La variabilité climatique indique généralement des fluctuations à court et à moyen termes de l'état climatique moyen sur des échelles temporelles variant de moins d'un an à des décennies (30 ans) (Diaz et Pulwarty, 1994). Aujourd'hui, ce changement devient perceptible. Chaque année on enregistre une augmentation moyenne de la température, en pénurie d'eau, les sécheresses, les pluies diluviennes, les cyclones ? etc. ; sont plus fréquents (Ducarme *et al.*, 2006). Pour certains auteurs les deux termes (variabilités et changements climatiques) désignent la modification ou variation significative du climat, qu'elle soit naturelle ou anthropique. Burroughs (2007) signale que la variation des données de la série climatique autour de la moyenne est une mesure de la variabilité du climat. Alors que la tendance significative (positive ou négative) de cette même série climatique nous indique qu'il y a un changement climatique (Niasse *et al.*, 2004).

Les problèmes environnementaux sont souvent appréhendés comme une addition de phénomènes indépendants et aux causes multiples : la croissance démographique, le changement climatique, l'érosion de la biodiversité marine ou continentale, la dégradation des sols, l'usage intensif des ressources hydriques, la raréfaction des ressources énergétiques fossiles ou minérales, la pollution chimique de l'air et de l'eau. Tout ce qui se passe sur cette terre que ce soient des phénomènes naturels ou des activités humaines a des répercussions sur l'environnement. L'impact de ces phénomènes ou activités peut être extrêmement important. Ces changements environnementaux sont désormais clairement perceptibles à grande échelle, voire celle de la planète, d'où le terme souvent réduit au vocable de «Changements Globaux» (Vauclin et Monfray, 2013).

La connaissance des conditions paléoclimatiques a permis de faire d'énormes progrès dans la compréhension du changement climatique qui affecte de nos jours la planète terre. Le réchauffement de la planète entraîne et entraînera des phénomènes météorologiques extrêmes (inondations, sécheresses, déluges et vagues de chaleur), des feux de forêt, des pénuries d'eau, la disparition des glaciers et l'élévation du niveau de la mer, des modifications de la répartition de la faune et de la flore. Les conséquences des activités anthropiques sur l'environnement en général et sur le climat en particulier, sont aujourd'hui avérées par la pollution et la surexploitation des ressources naturelles. Des études scientifiques montrent que les risques de changement irréversible et catastrophique augmenteraient considérablement si le réchauffement de la planète devait dépasser de 2°C. La région méditerranéenne est soumise au phénomène du réchauffement climatique. Les données montrent que le changement climatique est global, de même que leurs effets, mais les effets les plus néfastes se feront sentir principalement par les pays en développement, notamment en Afrique, en raison de leur faible niveau de capacités d'adaptation (Nwafor 2007 ; Jagtap 2007). Les perturbations climatiques sont considérées comme les plus importants. Ils agissent sur l'ensemble des composants des écosystèmes forestiers. Ils pourraient aussi exposer les forêts, de toutes latitudes, à des dommages par la multiplication d'événements de grande ampleur ; tempêtes, incendies, secheresses. (Duchiron et Schnitzler, 2009)

A l'instar d'autres pays, l'Algérie a connu, au cours des deux dernières décennies, une série d'inondations et des périodes de sécheresse récurrentes (2003, 2016, 2017). Les quantités de précipitations sont inférieures à la moyenne.

L'Algérie, faisant partie de la région méditerranéenne, a connu des perturbations des écosystèmes forestiers. La partie est de l'Algérie a subi des modifications dans la typologie de la végétation, notamment les forêts (Laala ,2016 ; Beldjazia *et al.*, 2016). Le dépérissement des forêts est un phénomène complexe qui a affecté plusieurs régions du monde depuis les années 1970, en particulier l'Amérique du Nord, l'Europe et l'Afrique du Nord (Allen *et al.*, 2010).

Parmi les écosystèmes forestiers qui ont subi ces perturbations, nous signalons le dépérissement des Cédraies, à Belezma, les Aurès, thniat el Had, se sont des sujets de Cèdre qui dépérissent et tombe sur terre (Kherchouche *et al.*, 2013 ; Sarmoum *et al.*, 2019). Dans la région de Sétif le même phénomène est enregistré notamment dans le sud du Sétifois. Ce phénomène nous a permis de mettre en évidence l'étude phénologique du comportement des Cédraies vis-à-vis des facteurs climatiques.

La notion de fonctionnement d'un écosystème peut elle-même être considérée sous différents aspects. D'un point de vue économique par exemple, on pourra considérer la capacité d'un écosystème à produire des biens et services à l'humanité (production végétale par exemple) (Christensen *et al.*, 1996 ; Srivastava et Vellend, 2005). D'un point de vue purement écologique, le fonctionnement de l'écosystème peut être défini comme un ensemble de flux de matière et d'énergie ainsi que leur maintien et leur stabilité au cours du temps (Pacala et Kinzig, 2002 ; Srivastava et Vellend, 2005).

Le paysage est considéré d'une part comme un espace, objet d'observation (vision « naturaliste ») qu'il faut analyser, et d'autre part, comme une perception de l'homme (vision « subjectiviste »). En effet, le concept de paysage peut combiner les points de vue du naturaliste (qui explique les phénomènes biophysiques et humains qui façonnent le paysage) et celui de l'observateur (qui se fonde sur le point de vue de celui qui observe un paysage). Ainsi, d'après Godron (2012), «un paysage est un territoire hétérogène, plus ou moins naturel ou artificialisé, où apparaît une structure répétitive composée d'une matrice, de taches et de corridors perceptibles à l'échelle du kilomètre, et cette structure conditionne un fonctionnement caractérisable à l'échelle décennale». Par le mot "perceptible", cette définition montre qu'un paysage peut être identique seulement si l'on prend en compte la perception des personnes qui le regardent (Godron, 2012). Cette définition souligne également qu'un paysage est perceptible à une échelle spatiale donnée et caractérisable à une échelle de temps donnée. Cette vision centrée du paysage sur le point de vue de l'observateur, et donc liée à la perception et aux représentations de cet observateur, n'est pas partagée par tous les auteurs (Burel & Baudry, 1999 ; Chouquer, 2000). Pour Burel et Baudry (1999), "le paysage existe indépendamment de la perception " : mais le paysage ne parlant pas lui-même, il parle par les perceptions et les représentations des chercheurs, à travers leurs modèles et leurs théories (Chouquer, 2000). Le paysage pour ces auteurs «c'est un niveau d'organisation des systèmes écologiques, supérieur à l'écosystème ; il se caractérise essentiellement par son hétérogénéité et par sa dynamique gouvernée pour partie par les activités humaines. Il existe indépendamment de la perception» (Burel & Baudry, 1999).

En pratique, l'étude des relations entre la biodiversité des écosystèmes et les changements climatiques nécessite une mesure des flux et de biomasse au sein de l'écosystème. On pourra donc considérer le changement de la production végétale (en termes de biomasse) au sein

d'un écosystème par le biais de la production (le gain en biomasse), ou par la perte de la superficie végétale au niveau de ces écosystèmes.

## 1.2 La phytodiversité au sein des écosystèmes méditerranéens

Le hot spot de la biodiversité du bassin méditerranéen est le deuxième plus grand hot spot du monde et le plus grand des cinq régions de climat méditerranéen de la planète. C'est le troisième hot spot le plus riche au monde en diversité végétale (Mittermeier *et al.*, 2004).

Les forêts méditerranéennes possèdent une valeur patrimoniale très élevée. Elles constituent des réserves importantes de diversité génétique, spécifique et fonctionnelle qu'il convient de conserver au mieux dans l'optique d'une gestion durable de ce patrimoine biologiques et ces ressources potentielles (Quézel et Médail, 2003).

Les forêts méditerranéennes abritent une grande diversité biologique de plantes et d'animaux, comme en témoigne le grand nombre d'espèces d'arbres présentes comparé aux forêts nordiques. Les chênes verts, les forêts de conifères et de feuillus sont les communautés climatiques naturelles dans une grande partie du Hotspot du bassin méditerranéen. Cependant, une grande partie de cette forêt a disparu ou a été altérée à la suite de milliers d'années d'interactions avec l'homme et de modifications de l'habitat (Tucker et Evans, 1997). Il ne reste que 5 pour cent de végétation naturelle dans le hot spot du bassin méditerranéen, soit le taux le plus bas de tous les hotspots (Sloan *et al.*, 2014). Les pressions humaines aient modifié les écosystèmes méditerranéens tout au long de l'histoire (Blondel *et al.*, 2010).

Avec plus de 100 espèces recensées dans les forêts méditerranéennes, les taxons d'arbres sont une composante importante de la flore méditerranéenne (Fady, 2005). Il n'existe pas d'information spécifique sur le nombre d'espèces végétales présentes dans les habitats forestiers, mais les informations actuellement disponibles indiquent que 511 des 1540 plantes supérieures évaluées par l'UICN en région méditerranéenne se trouve dans des habitats forestiers (UICN, 2017).

Au moins 339 (16 pour cent) des espèces forestières évaluées dans la LREM de l'UICN sont menacées d'extinction au niveau mondial ou régional (tableau 1.2). Deux cent soixante six d'entre elles sont endémiques. Les plantes constituent 149 des espèces menacées répertoriées, soit 44 pour cent du nombre total d'espèces menacées dans les habitats forestiers méditerranéens.

Tableau 1.1 – Estimation de la biodiversité dans les habitats forestiers méditerranéens sur la base des résultats d'évaluation des risques d'extinction de la liste rouge de l'UICN aux niveaux mondiale et régional méditerranéen.

Groupe	% estimé du groupe évalué pour la liste rouge de l'UICN en méditerranée	Catégories de la liste rouge de l'UICN							Espèces forestières endémiques de la région méditerranéenne	Total du nombre d'espèces forestières évaluées.	% d'espèces forestières menacées (niveau méditerranéen ou mondial)
		EW / RE	CR	EN	VU	NT	LC	DD			
Total vertébrés	-	3	16	32	45	74	591	19	141	786	12
Amphibiens	98	0	4	10	10	17	50	1	46	92	26
Reptiles	93	0	8	13	14	23	125	7	67	190	18
Mammifères	100	3	3	6	13	19	133	17	21	194	11
Oiseaux	100	0	1	3	8	15	283	0	7	310	4
Total invertébrées	-	0	5	67	25	47	473	175	364	792	12
Coléoptères Saproxyliques	59	0	2	39	22	29	99	131	196	322	20
Coléoptères bousiers	35	0	1	19	2	11	63	29	94	125	18
Papillons	100	0	2	9	1	7	293	14	73	326	4
Libellules et demoiselles	100	0	0	0	0	0	18	1	1	19	0
Total plantes supérieures	7	1	57	44	48	49	253	59	265	511	29
Total		4	78	143	118	170	1317	259	770	2089	16

Note : EW : espèce éteinte à l'état sauvage ; RE : espèce disparue au niveau régional ; CR : espèce en danger critique ; EN : espèce en danger ; VU : espèce vulnérable ; NT : espèce quasi menacée ; LC : préoccupation mineure ; DD : donnée insuffisante ; les catégories CR, EN et VU correspondent aux espèces menacées d'extinction.

### 1.3 Les écosystèmes méditerranéens face au changement global

Le changement global ne se limite pas aux seuls changements du climat et de la composition de l'atmosphère. D'importantes modifications liées aux changements d'usage des terres

et des milieux aquatiques sont attendues ou sont déjà observées. Ces modifications d'usage sont de deux types (Blondel, 2008) :

- une intensification des usages dus à l'accroissement de la pression anthropique (aménagement, déforestation, défrichage, intensification agricole, surexploitation, pollutions diverses, accroissement du commerce international, introduction d'espèces comme par exemple l'introduction des OGM.
- Un abandon des usages agricoles, reforestation. (IFB, 2003).

Les conséquences d'une emprise croissante de l'humanité sur la biosphère se déclinent en quatre rubriques majeures :

1. La destruction et la transformation des espaces naturels par une multitude de facteurs, parmi lesquels la déforestation et la fragmentation des habitats, ont certainement les conséquences les plus lourdes.
2. La généralisation de l'utilisation des intrants chimiques : engrais et pesticides, utilisés en agriculture, mais aussi toutes sortes de molécules de synthèse fabriquées par l'Homme et utilisées dans de multiples domaines.
3. Les invasions biologiques : de plus en plus considérées comme un facteur de destruction et de banalisation de la biodiversité, car elles cassent les barrières biogéographiques qui contiennent les espèces dans leurs enveloppes naturelles de distribution. Dans la catégorie des espèces envahissantes on peut inclure les Organismes génétiquement modifiés (OGM) puisque qu'un organisme transgénique est nécessairement une « forme de vie » nouvelle artificiellement introduite dans l'écosystème.
4. La surexploitation des ressources naturelles : dont on pourrait donner de multiples exemples, l'un des plus dramatiques étant certainement celui de l'excès des prélèvements de poissons dans l'ensemble des océans. On assiste par ailleurs à une diminution généralisée de la taille des grands poissons, tous les records de taille des grandes espèces comme les thons, espadons ou marlins étant antérieurs à 1950.

### **1.3.1 L'influence des changements globaux sur la végétation**

Les forêts méditerranéennes sont exposées à diverses menaces qui compromettent la survie des populations d'arbres à moyen et long terme. Parmi ces menaces, les composantes du changement climatique telles que le réchauffement climatique, l'intensification de la sécheresse, les modifications de l'utilisation des terres et les migrations de ravageurs et de pathogènes ont été largement identifiées comme les principaux facteurs des changements climatiques dans les forêts méditerranéennes (Camarero *et al.*, 2004 ; McDowell *et al.*, 2008). L'effet de ces facteurs individuellement ou conjointement, peut avoir un impact significatif

---

sur la dynamique des populations et la biodiversité en aggravant les carences de recrutement et/ou en accélérant les taux de mortalité chez les adultes.

A la fois la nature et l'importance relative des facteurs affectant l'utilisation des arbres sont susceptibles de varier non seulement d'une espèce à l'autre, mais aussi d'un type d'écosystème à un autre. En forêt naturelle par exemple, le grand nombre de prédateurs de semences et les taux élevés de mortalité des semis pendant la saison sèche ont été identifiés comme les principales causes de limitation de la plantation chez les espèces du genre *Quercus* (Pérez-Ramos *et al.*, 2012 ; Pulido, 2004 ; Pulido et Diaz, 2005). Dans les systèmes sylvo-pastoraux, les problèmes de régénération sont principalement attribués au manque de disperseurs de semences efficaces (comme les geais) et la rareté des sites favorisent l'établissement des plantules (comme ceux situés sous des arbustes protecteurs) (Puldo *et al.*, 2010).

Les études réalisées par Lioret *et al.* (2004), Matias *et al.* (2011) et Pérez-Ramos *et al.* (2013) ont montré que l'aridité croissante et continue pourrait limiter encore l'utilisation de certaines espèces d'arbres en aggravant les effets négatifs du déficit hydrique sur les processus démographiques.

En outre, un nombre croissant d'études ont fait état de dépérissements forestiers et d'événements de mortalité massive des arbres à l'échelle mondiale du fait d'un ou plusieurs facteurs du changement global (réchauffement climatique, modifications des cycles biogéochimiques, modifications de l'utilisation des sols et modifications de la distribution des pathogènes) (Allen *et al.*, 2010).

Dans le contexte actuel de changements globaux, comprendre comment évolue la végétation sous l'effet des interventions humaines est devenu un enjeu majeur de l'écologie, en lien d'une part avec le maintien d'une biodiversité fonctionnelle assurant un niveau satisfaisant de services écosystémiques et d'autre part avec la sécurité alimentaire. Les activités humaines modifient directement et indirectement les communautés végétales à travers le monde, mais les efforts pour associer les changements de végétation à l'ensemble des causes sous-jacentes possibles font défaut (Inderjit *et al.*, 2017). Les changements de végétation peuvent être initiés par une perturbation agricole (labour, désherbage) ou un changement dans les régimes de perturbation, par une modification des conditions abiotiques ou une modification des interactions biotiques, et très souvent par une interaction entre ces différents facteurs (Davis *et al.*, 2005 ; Inderjit *et al.*, 2017 ; Fried, 2019) (fig.1.2).

---

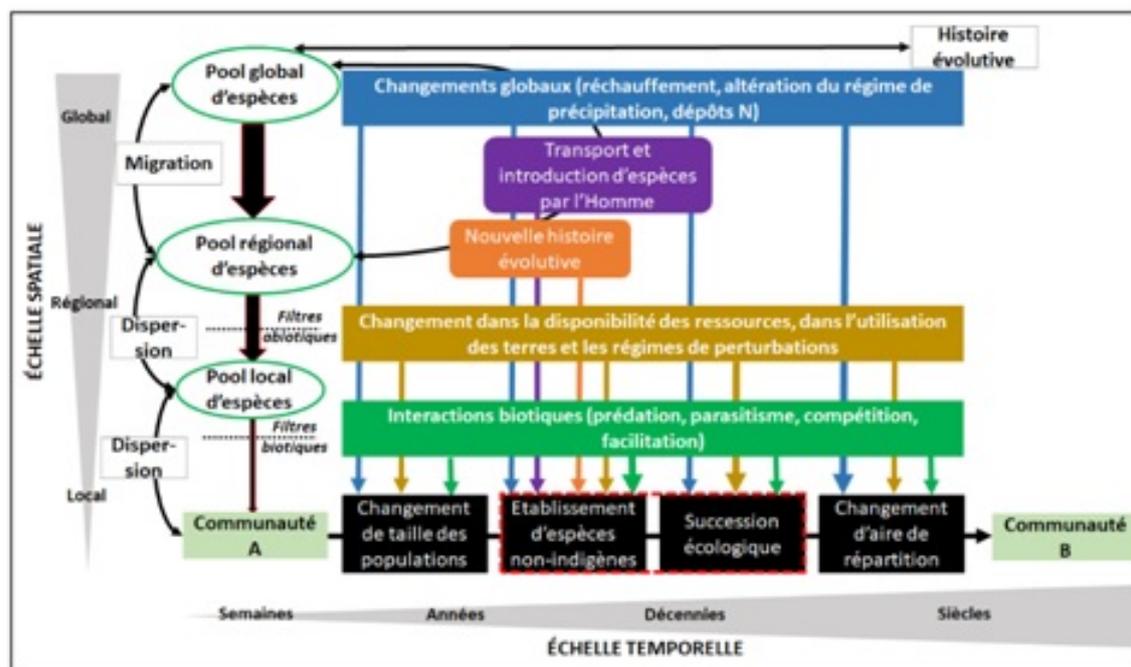


FIGURE 1.2 – Synthèse des processus spatio-temporels affectant la composition d'une communauté dans le temps et l'espace (d'après Fried, 2019).

À gauche : les flèches noires symbolisent la sélection des espèces appartenant à un pool donné par des filtres environnementaux représentés par des tirets noirs (filtres abiotiques et biotiques). Les flèches noires indiquent les processus modifiant la composition des pools d'espèces. Le pool global est influencé par l'histoire évolutive des espèces (extinction, spéciation). Le pool régional est influencé par des processus de migration à long terme, par l'introduction d'espèces par l'Homme induisant de nouvelles histoires évolutives, par les dynamiques de dispersion. Le pool local est déterminé par la dispersion depuis le pool régional et les conditions abiotiques. À droite : au cours du temps, on distingue différents types de changements des communautés (taille des populations, établissement de nouvelles espèces, succession écologique, changements d'aire de répartition) selon la modification de différents types de filtres. Ces changements sont perceptibles à des échelles temporelles variables. Il existe des interactions entre ces différents types de changements (ex. : invasion facilitée par les changements climatiques, trajectoire de la succession modifiée par des invasions, etc.).

Les changements de végétation d'origine humaine peuvent aussi se produire par l'introduction d'espèces non indigènes, l'éclosion ou l'effondrement de populations, l'expansion ou la réduction de l'aire de répartition et le déplacement d'espèces indigènes et non indigènes (Davis *et al.*, 2005 ; Franklin *et al.*, 2016 ; Inderjit *et al.*, 2017 ; Vieilledent *et al.*, 2018). En écologie contemporaine, il existe au moins quatre grands domaines de recherche spécialisés qui étudient les changements de la végétation : l'écologie de la succession, la biologie de

l'invasion, la dynamique des lacunes et des parcelles et les effets des changements globaux sur les communautés végétales (Davis *et al.*, 2005). Même si ces sous disciplines de l'écologie souvent restées isolées, les processus écologiques sous-jacents sont fondamentalement les mêmes (Davis *et al.*, 2005) : au cours du temps, les processus de colonisation, d'établissement, de dispersion et d'expansion, mais aussi d'extinction, interagissent pour produire un changement de végétation. Davis *et al.* (2005) ont alors proposé que ces différentes spécialités de l'écologie puissent être regroupées sous le terme « d'écologie du changement de végétation ».

### 1.3.2 Les zones humides face aux changements climatiques

Les zones humides et les plaines inondables couvrent environ 6% de la surface de la Terre libre de glace (Matthews and Fung 1987 ; Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), 1996). Elles remplissent de nombreuses fonctions et offrent une multitude de services, parmi lesquels des services écologiques (Frazier, 1999 ; Mitsch and Gosselink, 2007).

Les écosystèmes humides ou zones humides ont des services et des avantages précieux dont le moindre n'est pas de réguler le climat aux niveaux mondial et local (Mitsch *et al.*, 2009). Elles sont d'importantes sources et puits biologiques de gaz à effet de serre, notamment dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), de méthane (CH<sub>4</sub>), et d'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) ; elles contribuent ainsi à atténuer considérablement les effets des changements climatiques dont les plus importants sont : l'élévation du niveau des mers, la décoloration ou blanchissement des coraux, les effets hydrologiques, les changements de la température de l'eau et les atteintes à la disponibilité et à la qualité de l'eau et des nutriments (IPCC, 2007).

La présence de zones humides est conditionnée par les caractéristiques géomorphologiques et géologiques d'une région. Ce sont des milieux qui évoluent dans le temps, structurés par l'hydrodynamique qui contrôle leur fonctionnement. La répartition de la végétation dans ces milieux dépend principalement des flux, des niveaux d'eau, et de leur périodicité, révélant ainsi les conditions d'hydromorphie du sol (Rapinel, 2012). Les formations végétales sont tributaires des conditions hydrodynamiques passées et présentes (Amiaud *et al.*, 1998 ; Marion *et al.*, 2010) et sont des indicateurs de l'humidité et de la fertilité du sol (Ellenberg, 2009). Ainsi, toutes ces conditions font des zones humides des milieux très diversifiés et variables dans le temps et dans l'espace.

La température moyenne s'est élevée au cours du siècle passé avec une nette augmentation durant les vingt dernières années. Tout indique qu'en raison de l'inertie des grands systèmes climatiques à l'échelle du globe, ces changements vont s'accélérer au cours du XXI<sup>e</sup> siècle avec un réchauffement global de l'ordre de 1,4 °C à 5,8 °C, une élévation du niveau marin d'environ 50 cm et un renforcement du cycle hydrologique. Durant la même

période, la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> aura probablement doublé.

Les zones humides sont toutefois vulnérables à la fluctuation des températures et des précipitations, d'où l'importance de promouvoir la conservation de ces écosystèmes (Mea, 2005 ; Mitsch & Gosselink, 2007) et les pratiques d'utilisation rationnelle (Ramsar, 2007a). En effet, des températures plus élevées, des modifications dans les précipitations et une élévation du niveau des mers sont les principales manifestations des changements climatiques qui auront des effets notables sur la répartition et les fonctionnements des zones humides (MEA, 2005). Par ailleurs, selon le quatrième rapport d'évaluation du GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernementale sur l'évolution du Climat), les changements climatiques entraîneront une intensification des cycles hydrologiques mondiaux et pourraient avoir des incidences majeures sur les ressources hydriques régionales. Ils peuvent aussi induire des modifications dans la répartition géographique des zones humides et aggraver la décoloration et la mortalité des récifs coralliens (IPCC, 2007).

La gestion des activités agricoles et de l'élevage par des mesures agroenvironnementales prend une place très importante dans la conservation de ces milieux, notamment l'utilisation de l'eau pour l'irrigation des surfaces et parcelles agricole limitrophes de ces zones. Dans ce contexte, une meilleure gestion des zones humides, prévoyant notamment une diminution du dérangement, dont l'activité cynégétique sur certain nombre de sites non protégé, améliorerait sensiblement les capacités d'accueil de ces espaces pour l'hivernage des oiseaux d'eau, tant pour les espèces chassées que protégées.

## **1.4 L'importance de la télédétection dans le suivi de l'évolution des écosystèmes**

La télédétection se définit comme l'ensemble des techniques utilisées pour étudier la surface de la terre en se servant des propriétés du rayonnement électromagnétique émis, réfléchis ou diffusés par les différents objets observés ( Bonn et Rochon, 1992). Elle suppose l'acquisition d'information à distance, sans contact direct avec l'objet détecté. La télédétection spatiale a pour objectif d'exploiter les données recueillies par les satellites d'observation de la terre pour extraire des informations variées (physiques, biologiques et humaines).

La figure 1.3 présente un schéma simplifié des principes de la télédétection entre l'objet détecté ou la cible et le vecteur.

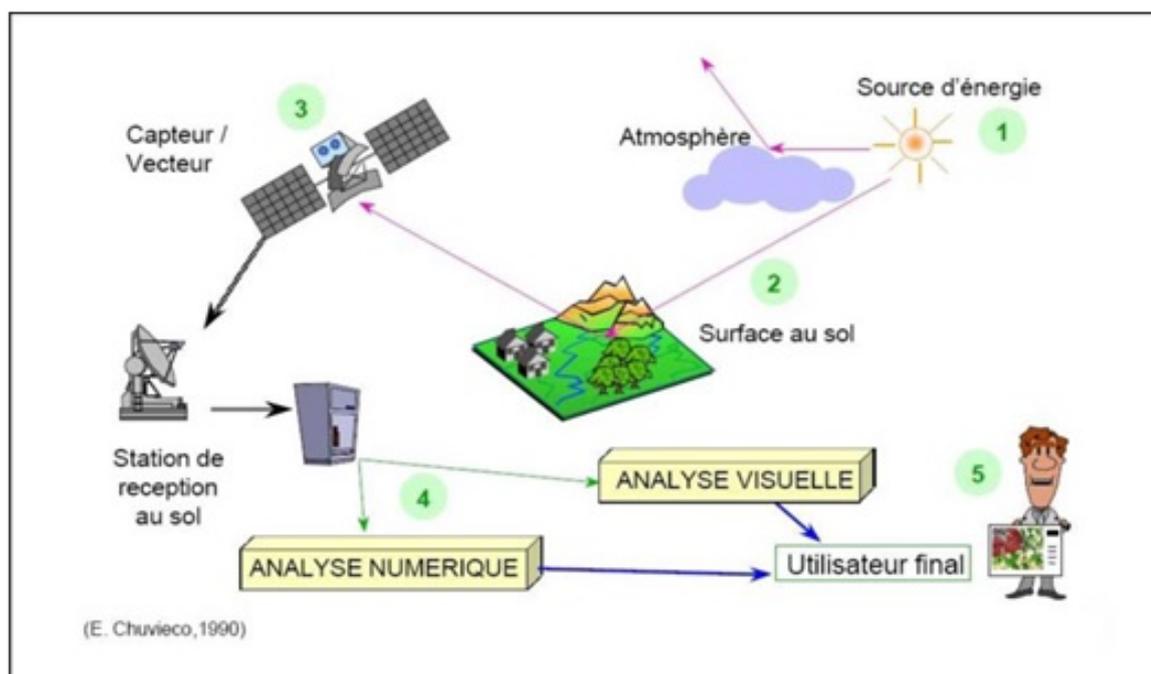


FIGURE 1.3 – Schéma simplifié des principes de la télédétection entre le satellite et la cible (Chuvieco, 1996).

Les données de télédétection occupent une place privilégiée. Ces sources d'information permettent une description exhaustive, objective, reproductible et répétitive de l'espace urbain. De plus, pour les pays en voie de développement, la télédétection spatiale représente souvent la seule source disponible pour gérer les informations géographiques urbaines, et aussi la foresterie peut bénéficier de nombreuses applications internationales et domestiques de la télédétection. Mentionnons parmi celles-ci : le développement continu, la biodiversité, les titres et cadastres des terres, la surveillance du déboisement, la gestion du reboisement, les opérations de coupes commerciales, la cartographie, la protection des côtes et bassins versants et la surveillance biophysique. L'approche image de télédétection constitue un moyen prometteur pour l'adaptation des informations cherchées aux différents niveaux d'échelle, d'étudier un système hétérogène comme le milieu urbain et les autres milieux tels que les forêts, les agroécosystèmes. La télédétection représente une observation alternative par rapport à celle traditionnelle qui utilise des données de terrain pour les études environnementales comme par exemple la surveillance environnementale. Les possibilités apportées par les images satellitaires nous servent dans notre démarche de construction d'indicateurs spatiaux en milieu naturel.

Selon la source de radiation, la télédétection est définie comme étant « passive » si la radiation solaire est utilisée pour la détection des objets sur la terre, et ou « active » quand cela implique l'utilisation de sources artificielles de radiation. Selon les bandes spectrales

utilisées pour l'acquisition de données, la télédétection peut aussi être classée, comme l'expliquent Maini et Agrawal (2007), en trois groupes principaux :

- La télédétection optique qui utilise la partie visible et le proche infrarouge du spectre ;
- La télédétection thermique qui emploie la radiation thermique émise dans l'infrarouge ;
- La télédétection micro-onde qui opère dans les longueurs d'ondes de 1cm à 1m et peut être active et passive.

### 1.4.1 Etude du couvert végétal à partir des données de la télédétection

Les données de télédétection optiques sont couramment utilisées pour identifier et caractériser les écosystèmes (Kerr et Ostrovsky, 2003), car elles fournissent des informations intéressantes sur l'occupation et l'utilisation des terres, et permettent d'identifier et de caractériser différents éléments du paysage à différentes échelles, telles que les haies bocagères, les zones humides (Töyrä et Pietroniro, 2005) ou encore les cultures (Murakami *et al.*, 2001).

Nombre de travaux sur le suivi de la végétation ont été réalisés (Zhang *et al.*, 2004 ; Jepsen *et al.*, 2009 ; Soudani *et al.*, 2008) en se basant sur l'utilisation d'indices de végétation créés à partir d'images provenant du capteur Moderate Imaging Resolution Spectroradiometer (MODIS). La facilité d'accès à ces données, leur résolution (250 m), les prétraitements (corrections géométriques, atmosphériques) dont elles ont fait l'objet, et leur caractéristiques techniques tout à fait fiables, sont des atouts considérables si on les compare aux images provenant d'autres capteurs (Soudani *et al.*, 2008). Le capteur MODIS fournit une image par jour de l'ensemble des surfaces émergées dans trente-six bandes spectrales à des résolutions allant de 250 mètres au kilomètre. La haute répétitivité des acquisitions ainsi que la couverture globale de ces images font de MODIS parmi les capteurs de choix pour l'étude des surfaces émergées. Cependant, la basse résolution spatiale de ce capteur ne permet pas des études sur l'occupation des sols avec des nomenclatures détaillées, par exemple les parcelles agricoles ne peuvent être discriminées.

Ainsi, des projets dédiés à l'observation de la Terre à travers des satellites à haute résolution spatiale et moyenne résolution temporelle se sont aussi développés. Le premier est le programme civil Landsat lancé par la National Aeronautics and Space Administration (NASA) en 1972. Initialement consacré à l'évaluation des récoltes céréalières aux États-Unis et dans l'ex-URSS (Union des Républiques Socialistes Soviétiques), ce programme permet désormais l'étude de l'ensemble des surfaces continentales. Au total huit satellites ont été lancés entre 1972 et 2013 dont deux sont encore en orbite ? Landsat-7 et -8. Le neuvième satellite de la constellation devrait être lancé vers 2020. Le capteur Operational Land Imager (OLI), qui équipe Landsat-8, fournit des images à une résolution de 30mètres pour huit bandes spectrales avec un temps de revisite de seize jours.

Les couverts végétaux sont étudiés à partir des images optiques multispectrales à travers

---

de descripteurs qui sont estimés soit en utilisant des méthodes empiriques ou semi empiriques fondées sur l'utilisation d'indices de végétation, soit en appliquant une modélisation inverse du transfert radiatif (Jacquemoud *et al.*, 2009). Les indices de végétation, tel que le NDVI (Normalized Difference Index) sont des combinaisons arithmétiques utilisant les valeurs de réflectance dans le domaine du visible (rouge notamment) et du PIR. S'ils sont assez bien corrélés à la croissance des couverts végétaux, et à la quantité de biomasse, ils ne prennent cependant pas en compte les caractéristiques spectrales des capteurs (une même surface végétale vue par deux capteurs différents n'aura pas les mêmes valeurs d'indices) et sont plus ou moins sensibles aux effets du sol et de l'atmosphère. En outre, quand les taux de couverture végétale sont supérieurs à 60%, les indices de végétation utilisant la bande spectrale du PIR saturent et sont ainsi insensibles aux variations de ces taux (Gitelson *et al.*, 2002).

#### **1.4.2 Etude des zones humides à partir des données de télédétection**

Les données de télédétection sont bien souvent utilisées pour identifier les plans d'eau libres et cartographier les types de végétation de manière à délimiter, caractériser et surveiller les zones humides (Hubert-Moy, 2006). Ces données permettent en effet de tenir compte des variations inter et intra-annuelles des zones humides via l'acquisition de séries d'images pluri ou multi-temporelles. La cartographie des zones humides est traditionnellement réalisée en utilisant l'interprétation de photographies aériennes ou la classification des données optiques comme par exemple de données SPOT (Töyrä and Pietroniro, 2005 ; Alexandridis *et al.*, 2009) ou d'images Landsat (Chuvienco *et al.*, 2004 ; MacAlister and Mahaxay, 2009). Davranche *et al.*, (2010) ont par exemple utilisé une série de multi-temporelles SPOT-5 pour estimer la superficie des marais couverts de roseaux communs (*Phragmites australis*) et macrophytes submergés.

Cependant, nous pouvons noter qu'il est bien souvent difficile de tenir compte de la nature dynamique des zones humides à l'aide de données satellitaires acquises dans le domaine optique (Corcoran *et al.*, 2011). En effet, l'acquisition de ces dernières est limitée aux périodes sans nuages. En outre, dans les zones humides tropicales boisées, les techniques de télédétection passives ne sont pas en mesure de cartographier précisément les types de végétation, car elles ne sont pas capables de détecter l'eau sous un couvert forestier.

## **2** Présentation de la région d'étude

### **2.1 Situation géographique**

Le Sétifois occupe un territoire qui s'étale de la chaîne des Babors, au nord, jusqu'aux monts du Hodna au Sud, environ 135km de distance. Entre ces deux entités montagneuses se trouve les Hautes Plaines Telliennes, parsemées de monts plus ou moins isolés et de dépressions occupées par des sebkhas. Les contreforts méridionaux de la chaîne des Babors (2004 m d'altitude) sont occupés par une série de massifs, plus ou moins isolés qui se situent dans le prolongement, vers l'est, de la chaîne des Bibans. Il s'agit des djebels Tafet, Anini (1554 m), Megress(1737m), Medjounes(1461m). Au sein des Hautes plaines se dressent aussi des massifs isolés, d'est en ouest nous rencontrons les djebel Z'dim(1160m) , Youcef(1442m), Braou (1263m) , Sekrin(1300m) plus au sud.

La chaîne des Babors s'étend des Monts de Bouandes jusqu'au massif de Tamentout ; Tandis que la Chaîne du Hodna comporte les djbel Maadhid(1483m), Bou Taleb (1886 m d'altitude), Righa Dahra, Ouled Hannach, Ouenougha. Le territoire d'étude occupe une superficie de 6504 Km<sup>2</sup> (Fig 2.1).

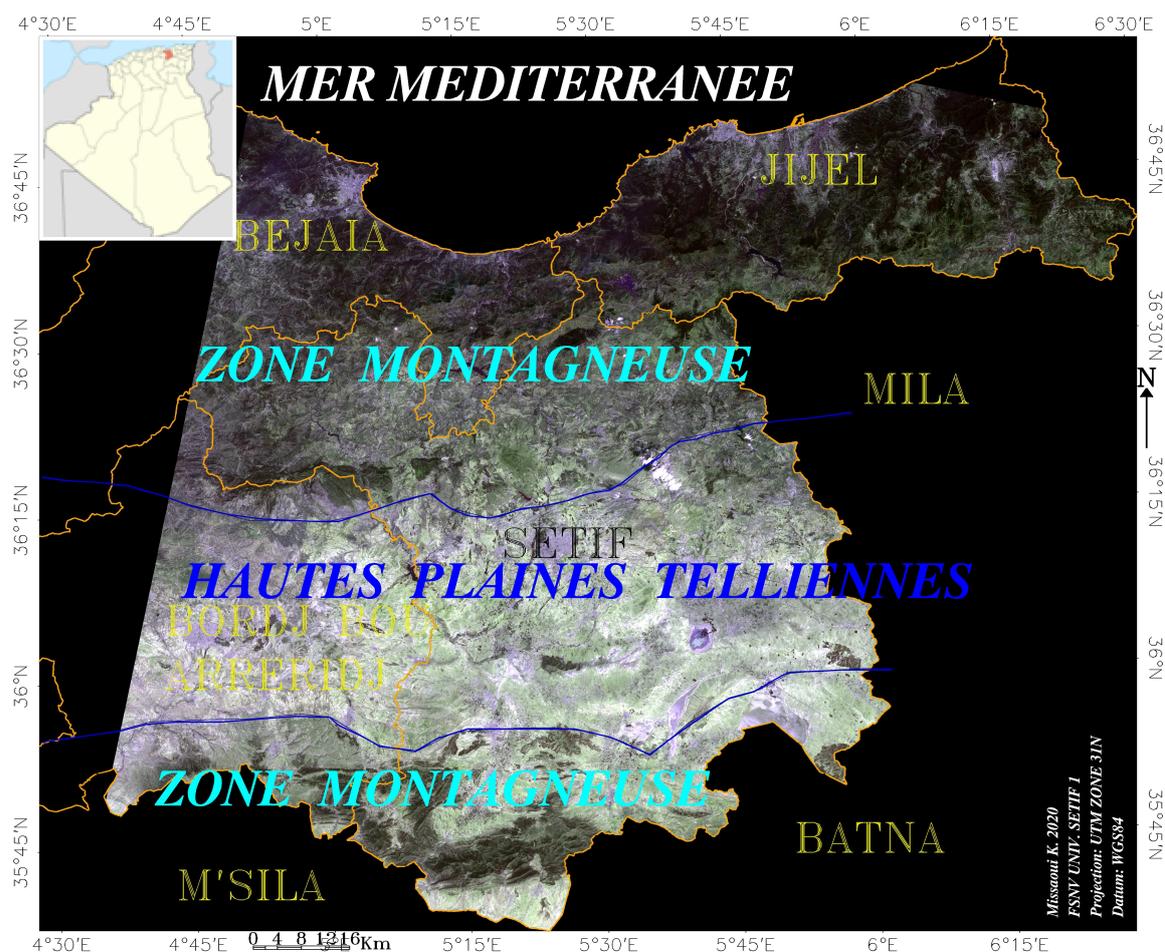


FIGURE 2.1 – Limite géographique du Sétifois. (Source. Missaoui 2020)

## 2.2 Géologie

Les substrats sont à dominances lithologique, on distingue des roches calcaires appartenant au quaternaire, des apports d'alluvions récentes constituées de dépôts quaternaires d'origine calcaire lacustre, et des croutes calcaires (Villafranchien) avec horizons caillouteux sphéroïdes (Djenba., 2015).

Le Mio-Pliocène montre la présence des dépôts d'alluvions lacustres, offrant habituellement une coloration rougeâtre assez prononcée caractérisant le Mio-Pliocène continental constitué par des sables, graviers, limons et argiles (Djenba., 2015).

## 2.3 Hydrographie

Le réseau hydrographique est organisé autour du dispositif montagneux de la région. Dans la moitié Nord, l'écoulement des eaux de surface se fait vers la mer Méditerranée

par Oued Bou Sellam qui rejoint la Soummam, Oued Agrioun, Oued El Kebir, Oued Bou Slah et Oued Rhumel. Ces réseaux hydrographiques alimentent les barrages et les retenues collinaires de la région. Le reste des cours d'eau ; constituent un réseau hydrographique endoréique centrée sur les Chotts (fig. 2.2).

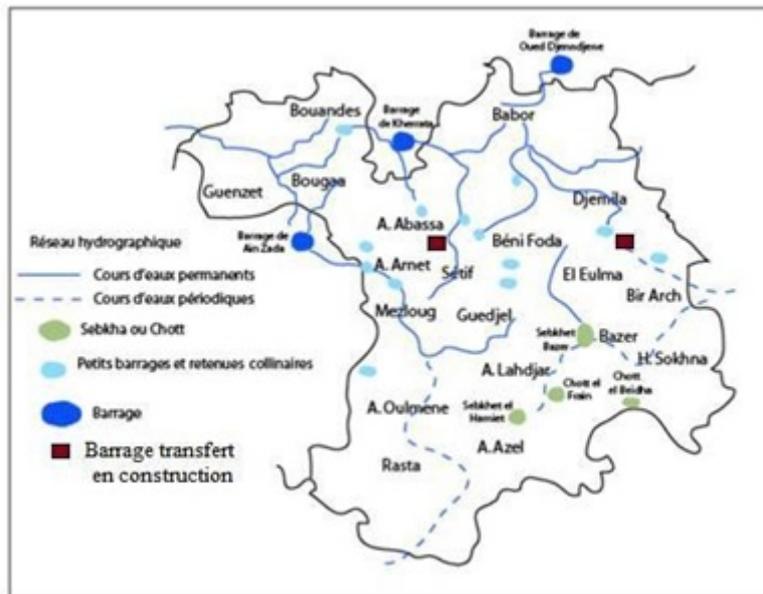


FIGURE 2.2 – Le réseau hydrographique de la wilaya de Sétif (D.H, 2018)

## 2.4 Le climat

Les données météorologiques utilisées sont les températures, la pluviométrie, le nombre de jour de neige, l'humidité et le vent. Elles proviennent de la Station météorologique régionale de l'Office Nationale de la Météorologie de Aïn Sfiha. Les données récupérées couvrent une période de 36 ans.

### 2.4.1 Les précipitations

La période pluviale s'étend de septembre à mai. L'optimum principale (ou primaire) des précipitations s'observe durant la saison du printemps. Il y a un maximum principal en mai, et un secondaire en février (fig. 2.3).

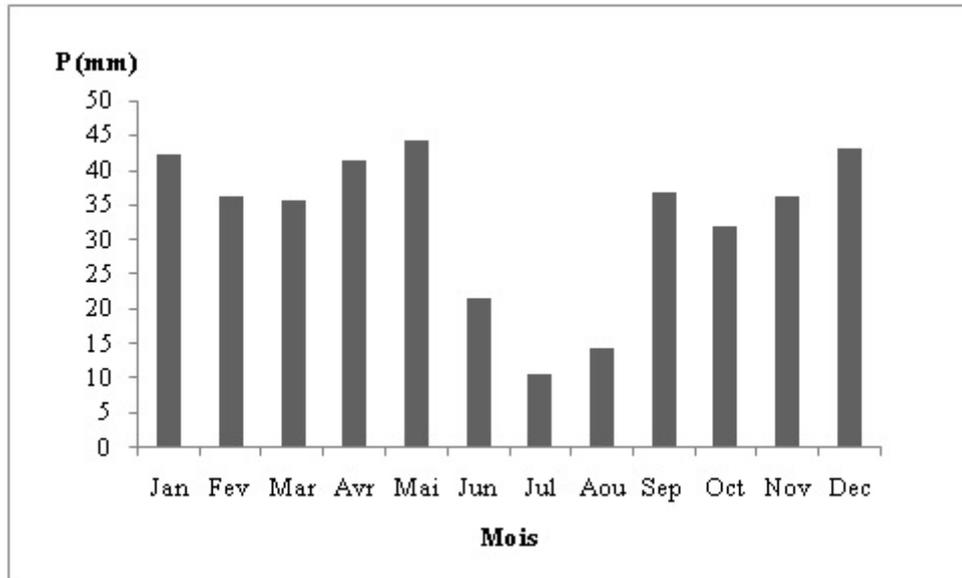


FIGURE 2.3 – Histogramme des Précipitation moyennes mensuelles.

La région méditerranéenne se particularise, par l'irrégularité interannuelle des précipitations. La série de 1982 à 2017 peut être décrite par une loi normale de moyenne 394.2 mm.

Selon la carte pluviométrique de l'Algérie du Nord (A.N.R.H., 1993) les précipitations moyennes annuelles varie entre 200 dans les extrêmes sud du territoire et 1600 mm dans l'extrême nord (Fig 2.4). Ces valeurs sont proches des données récentes, fournies par la station météorologique.

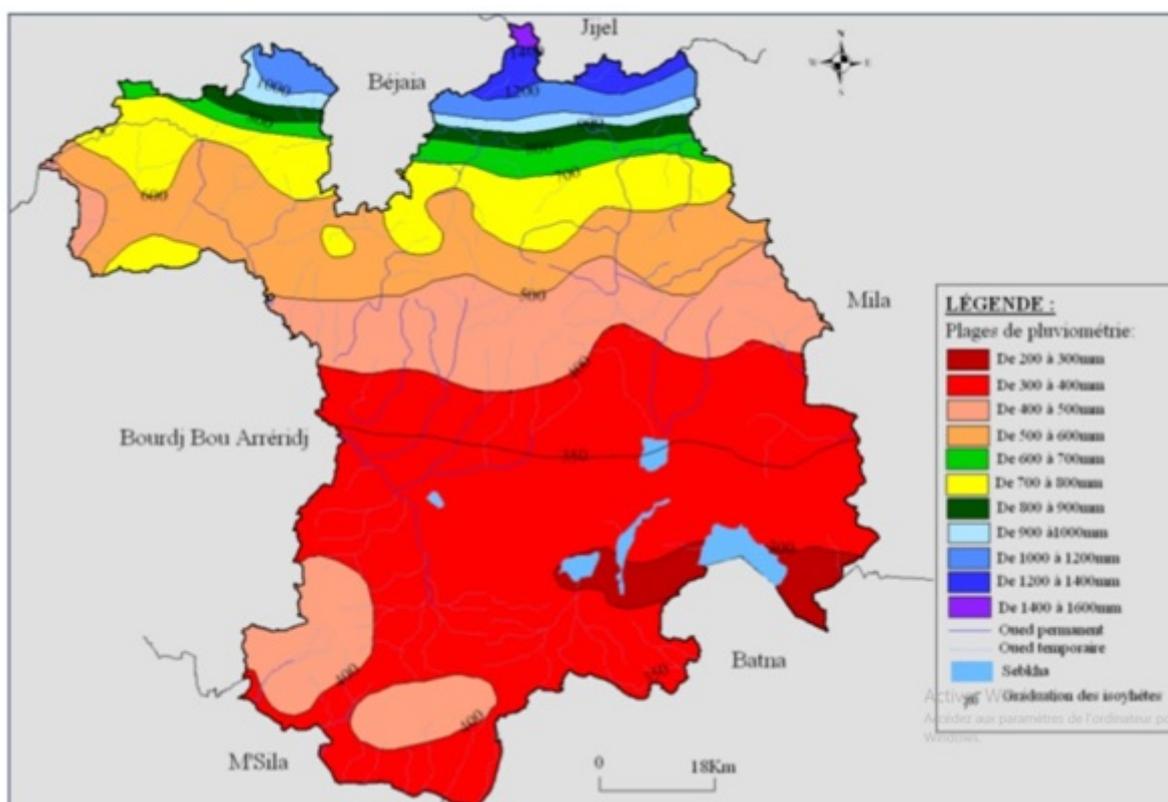


FIGURE 2.4 – Carte pluviométrique de la wilaya de Sétif : Extrait de la carte pluviométrique de l'Algérie du Nord. Ech 1 :500000, Source ANRH).

L'analyse statistique montre que l'écart-type est de l'ordre de 83.24 mm d'une année à l'autre. 85% des observations se trouvent donc dans l'intervalle [300 ;500], ce qui exprime la variabilité temporelle des cumuls annuels, (fig 2.4).

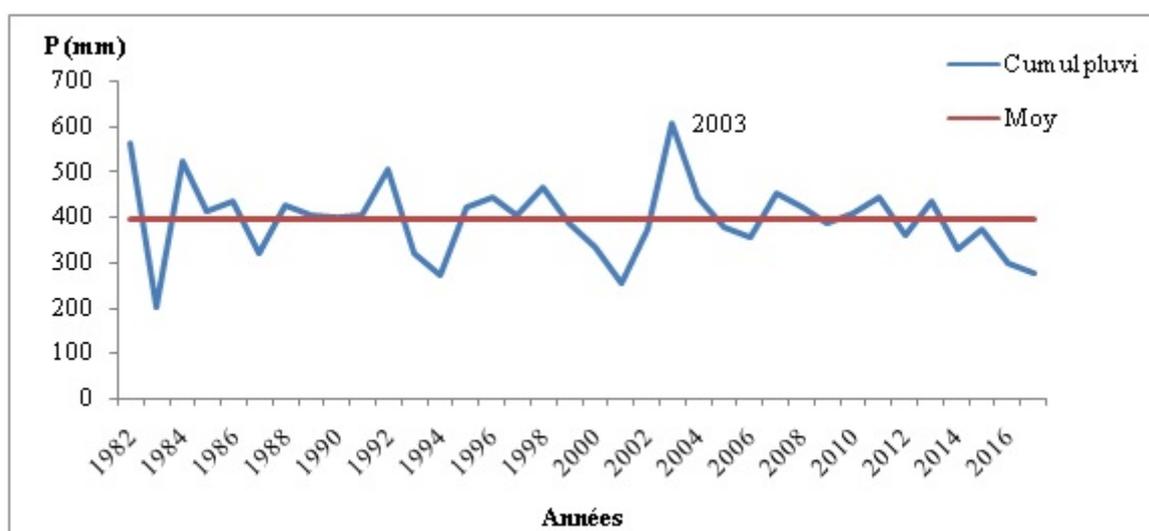


FIGURE 2.5 – Variations annuelles de régime pluviométrique

La courbe de la variation des précipitations annuelles de la station de Sétif se trouve en majorité sous la moyenne indiquant d'autant d'années déficitaires que d'années excédentaires. Il se dégage de la courbe une tendance déficitaire depuis 2003 (fig 7).

Cette variabilité est nettement visible quand il s'agit de comparer les mois de l'été et de l'hiver et du printemps. En effet, l'hiver et le printemps reçoivent des quantités importantes comparables par contre l'automne est moins arrosé. Mais le fait marquant est la saison estivale qui est très sèche, elle reçoit moins de 47 mm en moyenne par saison (fig. 8). Le régime saisonnier est de types PHAE.

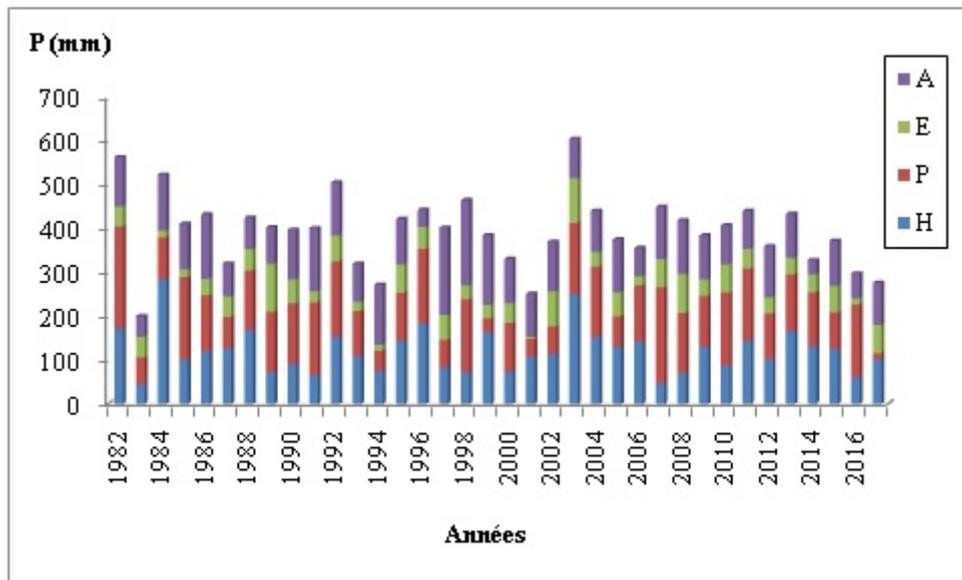


FIGURE 2.6 – Variations annuelles de régime pluviométrique saisonnier.

## 2.4.2 Les températures

La caractérisation de la température en un lieu donné se fait généralement à partir de la connaissance d'au moins cinq variables importantes qui sont les moyennes des minimums et des maximums, la moyenne mensuelle, le minimum et le maximum absolu ainsi que l'amplitude thermique (Djebaili, 1984 -1994).

La variation des températures mensuelles minimales et maximales par rapport à la moyenne durant la période de 1982 à 2017 est très variable. Les moyennes mensuelles des températures les plus basses s'observent durant le mois de Février (1.2°C), alors que les mois de Juillet et d'Août sont marqués par des valeurs plus élevées de température (fig. 2.7).

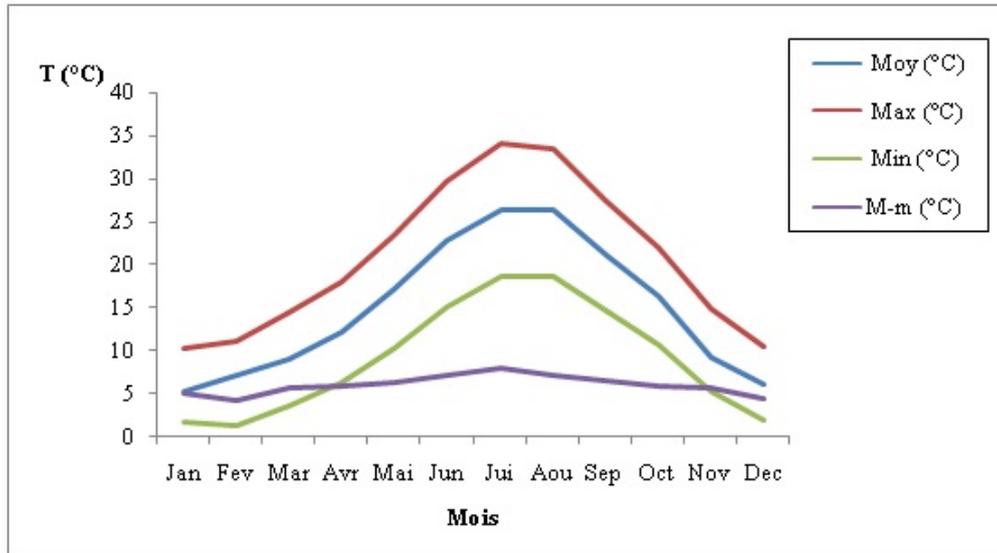


FIGURE 2.7 – Variations moyennes mensuelles des températures moyennes, maximales et minimales.

Les minimas s'observent en février, les maximas en juillet. Augmentation brutale des températures à partir de Mai, et refroidissement net à partir de novembre. L'amplitude thermique plus importante en été, qu'en hiver.

### 2.4.3 L'humidité

L'humidité relative de l'air atteint son maximum dans le mois de décembre (79.9%), alors que le minimum est observé durant le mois de juillet (38.9%) (fig. 2.8).

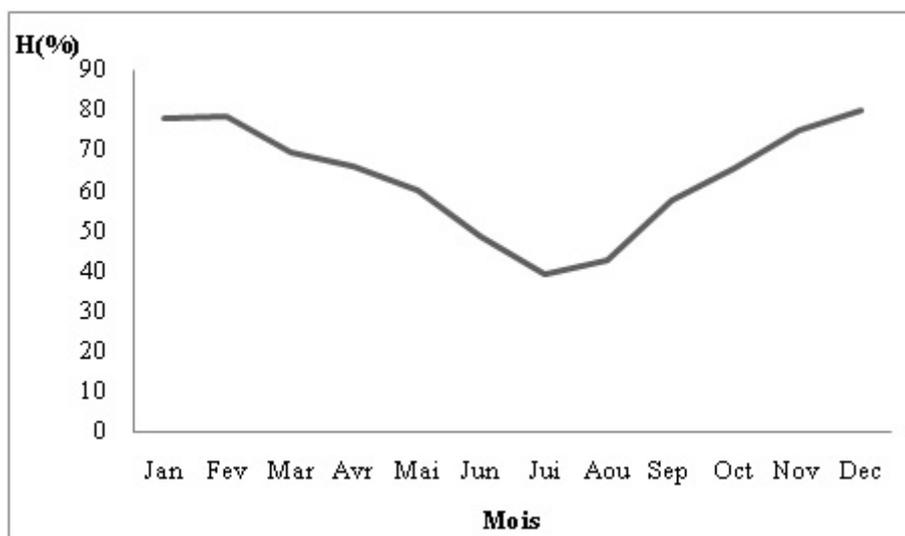


FIGURE 2.8 – Variation moyenne mensuelle de l'humidité.

De mai à septembre, H est < à 50% ce qui favorise une augmentation de L'ETP, qui associée aux faibles précipitations accentue la sécheresse.

#### 2.4.4 Les vents

Les vents soufflent à partir de quatre directions principales avec la dominance de la direction nord-ouest. La vitesse maximale est de 3,6 m/s enregistrée en avril

- Le vent du Nord est le plus important. Il se manifeste toute l'année et surtout en hiver, en pénétrant la zone par la plaine Sétifiène en favorisant ainsi des chutes de neiges pendant la saison froide, ce vent est chargé d'humidité par la suite de son passage sur la mer.
- Le vent du Sud «Sirocco» chaud et sec souffle surtout en été, et dure plus deux mois par an, en accentuant la saison sèche et ramenant des quantités appréciables de sable. Ce vent provoque le dessèchement des sols en entraînant une forte évapotranspiration. (Fig 2.9).

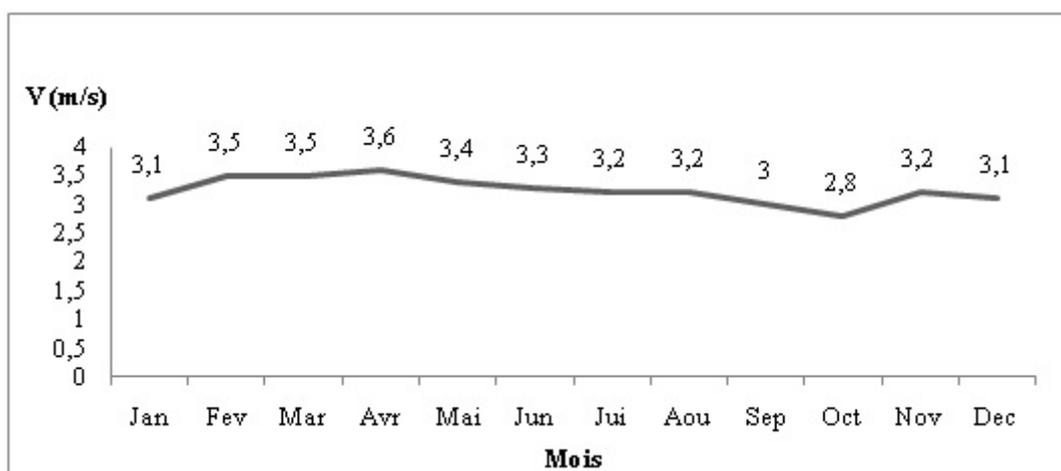


FIGURE 2.9 – Variation moyenne mensuelle de la vitesse des vents.

#### 2.4.5 Synthèse climatique

Vu l'absence de station météorologique au niveau de l'ensemble du territoire, hormis la station de Sétif, nous essayerons de faire ressortir le bioclimat qui règne sur l'ensemble du territoire, à partir de la carte bioclimatique et de celles des précipitations source ANRH et en se référant à des travaux réalisés dans le Sétifois auparavant. Au niveau des hauts de versants et des crêtes sommitales de la chaîne des Babors règne un bioclimat humide à per humide à hiver froid à frais. Au niveau de mi-versants et des bas de versants nous avons un bioclimats subhumide à semi aride. (Gharzouli, 2007) (fig 2.10).

Au niveau des hautes plaines prédomine un bioclimat semi-aride, aussi pour les bas de versant de la chaîne du Hodna. Les hauts des versants bioclimat sub humide.

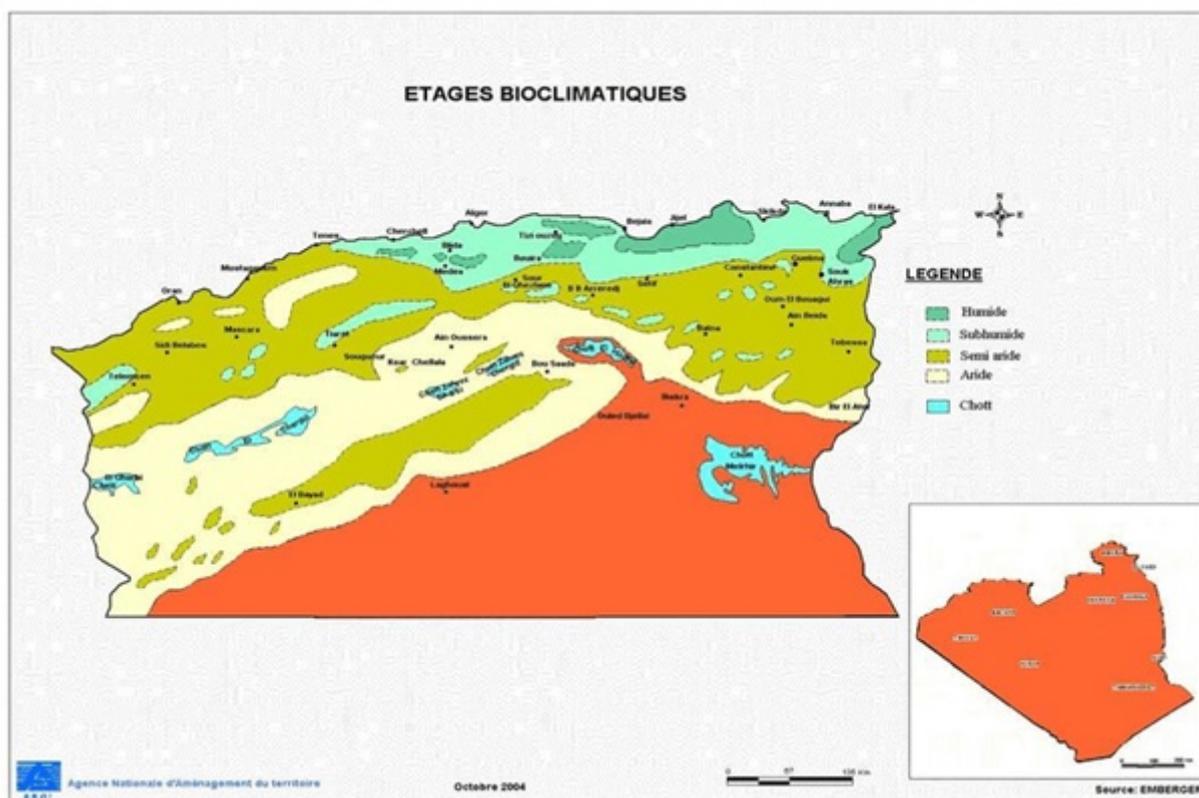


FIGURE 2.10 – Classification du climat en Algérie (Agence National d’Aménagement du territoire, 1993)

Pour la synthèse bioclimatique nous avons utilisés le quotient en région méditerranéenne. : La période sèche déterminée à l’aide du diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN. La période sèche, selon le système de BAGNOULS et GAUSSEN(1957), serait de cinq mois au niveau des hautes plaines en nous référent au diagramme ombrothermique(fig. 2.11), de la station de Sétif. Du fait de l’altitude, Au niveau de la chaîne de Babors elle serait moindre, et au niveau de bas de versant de la chaine du Hodna elle serait supérieure.

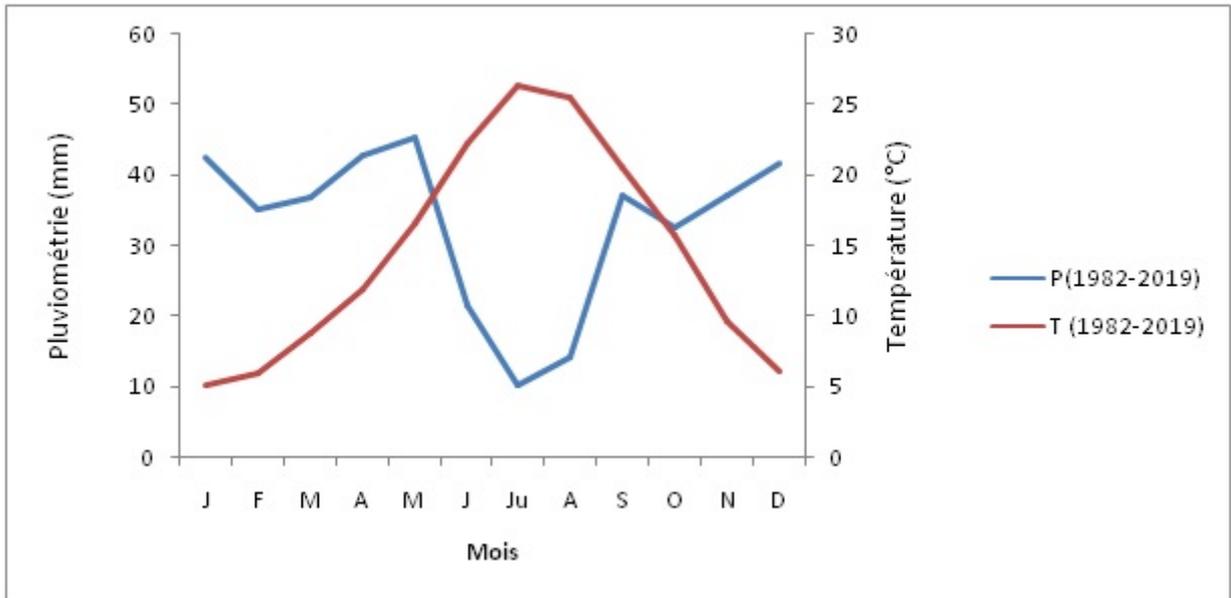


FIGURE 2.11 – Diagramme ombrothermique

## 2.5 Flore et végétation

La végétation de la plupart des massifs forestiers bordant les hautes plaines telliennes est relativement bien connue, par contre celle des djebels isolés de cette contrée, mise à part le djebel Megriss, sont peu étudiés. Ces massifs montagneux, constituent une barrière géographiquement et climatiquement remarquable entre l'Atlas tellien au Nord et l'influence saharienne des Mont du Hodna qui constituent la limite méridionale des hautes plaines sétifiennes. La flore et la végétation de la région a fait l'objet de plusieurs travaux, de part leur originalité et leur biodiversité ce sont les écosystèmes forestiers montagnards qui ont fait l'objet de plusieurs travaux. Les hautes plaines sétifiennes étant consacrées à la céréaliculture, , ont conservé une végétation post-forestière. A ce niveau se réalisent l'extrême avancée de la végétation ; la plus septentrionale « pré-forestière» et la plus méridionale « steppique ».

La plupart des travaux sur la flore et la végétation de la région de Sétif se sont intéressés à la végétation forestière des massifs montagneux localisés dans la partie septentrionale : la chaîne des Babors (Gharzouli, 1987, 2007 ; Gharzouli & Djellouli, 2005) ; Sur le plan diversités floristique et biogéographique des cédraies d'Algérie où une partie traite les cédraies des monts des Babors par, Yah, Djellouli, de Foucault, 2008.

Dans les mêmes milieux les travaux de Bounar, (2001, 2002, 2015), où il a traité l'aspect socioéconomique et floristiques des Babors. Dans les étendus du Sétifois, plusieurs travaux entrepris nous citons Boulaacheb 2005, 2009, sur le paysage et les mares du djbel Megriss.

Chermat., Gharzouli & Djellouli,(2006) Diversité floristique et valorisation des ressources pastorales de djebel Youssef et djebel Zdim (Chermat, 2013). Les djebels Tafet et Anini, (Souici, 1995), et pour ceux localisés dans la partie méridionale de djebel Boutaleb, contribution à l'étude de la végétation des monts du Hodna (Merikhi, 1995), les incendies dans la même région (Madoui 1995), Biodiversité et dynamique de la végétation (Sedjar, 2012) en fin Zeroug Gharzouli, Bouharati 2018, sur l'aspect de la cartographie, de la végétation de Righa Dhara.

Les hautes plaines sétifiennes étant consacrées à la céréaliculture, les reliefs plus ou moins pentus, ont conservé une végétation post forestière (Chermat 2013). Parmi les études dans les plaines Sétifiennes, Les écosystèmes humides (Gouga, 2014), et les écosystèmes humides des hautes plaines orientales algériennes, Biodiversité : Préservation et Valorisation (Aliat, 2017).

## Méthodologie

Le climat, avec toutes ses composantes notamment les précipitations et les températures, exerce une influence sur la végétation. Tout changement dans ces composantes aura une répercussion sur la dynamique et la composition du tapis végétal.

Afin d'appréhender l'impact des changements climatiques sur la végétation nous nous proposons dans une première étape de mettre en évidence l'existence d'un changement climatique et comment il se manifeste. Dans une deuxième étape nous tenterons de mettre en exergue la réponse de la végétation à ces changements.

### 3.1 Mise en évidence du changement climatique

Pour la mise en évidence d'un changement au niveau du climat dans le Sétifois nous avons procédé selon deux approches : des enquêtes et entretiens auprès de la population et la soumission des données climatiques de la station de Sétif à diverses analyses statistiques. Le choix de cette station se justifie par le fait que c'est la seule dans la région.

#### 3.1.1 Entretiens et enquêtes

L'objectif de ces entretiens était d'évaluer la validité et fiabilité, d'un questionnaire sur les connaissances du changement climatique. Le choix des catégories, nous permet d'avoir le maximum d'information, sur la notion du changement climatique, et leurs incidences sur leurs pratiques.

Les entretiens et le questionnaire ont concerné plusieurs catégories de « populations » :

- Les agriculteurs (céréaliculteurs, éleveurs, maraîchers, arboriculteurs). Le choix de cette catégories socio-professionnelles se justifie par le fait que leurs activités sont étroitement tributaire du climat, notamment des précipitations pour les cultures en sec.
- Les élus locaux (gestionnaires des communes) sont responsables de l'approvisionnement en eau dans leur localité. Ils sont appelés à mettre en place des politiques de gestions en prévision des éventuelles changements.
- Les gestionnaires du patrimoine naturel et les scientifiques en charges des organismes de recherche dont la mission et la compréhension du phénomène des changements clima-

tiques et la recherche de réponses viables pour y faire face.

Les points abordés lors de ces entretiens et questionnaires ont trait à :

- Est-ce que vous avez entendu parler du changement climatique ?
- Depuis quand vous avez ressentie ce changement climatique ?
- Comment ce changement climatique, se manifeste (Changement des : température, précipitations, la neige, et autres) ?
- La stratégie d'adaptation vis-à-vis du changement climatique ?

### 3.1.2 Etude climatique

L'étude climatique est effectuée à l'aide de l'analyse statistique des données météorologiques de la station régionale de Aïn Sfiha de Sétif. Les paramètres climatiques traitées sont les précipitations annuelles et mensuelles ; la neige, le nombre de jour de neige ; et les températures moyennes mensuelles, les températures moyennes maximales et minimales. Les variables traitées constituent, donc, une série chronologique pour une période de 36 ans (entre 1982 et 2017).

Les trois variables climatiques considérées comme déterminantes dans la réponse des plantes au changement climatique (Hatfield *et al*, 2011) ont été prises en compte : précipitations, températures minimales et maximales. La moyenne mensuelle et annuelle des données des séries chronologiques des paramètres climatiques, à savoir la température (maximum et minimum), les précipitations ont été calculées à l'aide du logiciel XLSTAT 2019(2.1). La quantité moyenne de précipitations a été calculée sur une période de 36 ans afin d'examiner les statistiques de précipitations. Des statistiques descriptives ont été utilisées pour analyser la moyenne, l'erreur standard, la médiane, l'écart type, la variance de l'échantillon, minimum et maximum (température), coefficient de variance à un intervalle de confiance 95%.

Pour compléter les informations sur le climat nous avons eu recours aux données climatiques spatiotemporelles issues des bandes spectrales du MODIS, ce capteur fournis des informations sur le climat (Bandes spectrales). Ces informations ont été utilisées pour le calcul de Q2. Les différentes étapes de récupérations et de traitements des données issues de ce capteur ont été faites au laboratoire ESO Le Mans université, France (Pr : Djellouli Yamna et Messner François).

#### 3.1.2.1 Tendances et ruptures d'homogénéité des séries climatiques

La démarche consiste à tester la pertinence des tendances des températures et des précipitations et des ruptures d'homogénéité à travers les différents tests statistiques.

Une série climatique est homogène par rapport à une série voisine lorsque le ratio ou la différence entre les deux séries est distribué(e) aléatoirement autour d'une ligne horizontale

---

sans sauts ni tendances. Dans le cas contraire, le terme « inhomogénéité » définit les variations non naturelles qui sont causées par des modifications dans les réseaux d'observation (Beaulieu *et al*, 2007). Ainsi, pour déterminer les dates de ruptures nous allons utiliser quatre tests dont l'analyse sera faite à l'aide du logiciel XLSTAT :

- Méthode non paramétrique de Petit
- Méthode d'Alexanderson (SNHT)
- Méthode de Buishand
- Méthode de Von Neumann

Si le résultat indique :  $H_0$  : les données sont homogènes.  $H_a$  : il y a une date à partir de laquelle il y a un changement dans les données (c'est-à-dire, les données sont inhomogènes). Si la p-value calculée est inférieure au niveau de signification  $\alpha=0,05$ , nous devons rejeter l'hypothèse nulle  $H_0$ , et retenir l'hypothèse alternative  $H_a$ . Si la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil  $\alpha=0,05$ , nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse nulle  $H_0$ .

### **Test de Pettitt**

Le test de Pettitt (1979) permet d'identifier une rupture dans les séries chronologiques étudiées et aussi d'identifier le temps auquel se produit un changement (point de rupture) (Lubes- Niel, *et al*, 1998). Ce test, non paramétrique est dérivé du test de MannWhitney (Duplessy, 2005 ; Jean 1997) . Le test de Pettitt s'applique à des séries non auto corrélées (Touaïbia, 1998). La mise en oeuvre du test suppose que pour tout instant  $t$  variant de 1 à  $N$ , les séries  $(X_i)$ ,  $i = 1, t$  et  $(x_i)$ ,  $i = t+1, N$  appartiennent à la même population, soit :  $D_{ij} = \text{sgn}(x_i - x_j)$  Avec :  $\text{sgn}(x) = 1$  si  $x > 0$ ,  $0$  si  $x = 0$ ,  $-1$  si  $x < 0$ .

La série est divisée en deux sous- échantillons respectivement de taille  $m$ ,  $n$ . Les valeurs des deux échantillons sont regroupées et classées par ordre croissant. On calcule alors la somme des rangs des éléments de chaque sous échantillons dans l'échantillon total. L'hypothèse nulle du test est l'absence de rupture dans la série.

### **Test de Buishand (1982-1984) (Lubes- Niel *et al*, 1998)**

La statistique de Buishand est dérivée d'une formulation générale donnée par Gardner (1969). Elle repose sur l'hypothèse de normalité de la série. Le test de Buishand est parfois plus puissant que certains tests de détection de tendance (Nicols, 2007).

---

### Test de Von Neumann (von Neumann Ratio Test)

A partir d'une série ordonnée (chronologique ou analogue) de  $n$  observations d'une variable continue  $X_i$ , on définit le coefficient de Von Neumann  $V$ . Ce test est décrit par Kendall *et al.* (1983).

### Méthode d'Alexandersson

La méthode d'Alexandersson ou plus communément appelée SNHT (standard normal homogeneity test) a été développée pour homogénéiser des séries de précipitations totales annuelles (Alexandersson, 1986) ou de températures moyennes annuelles (Alexandersson et Moberg, 1997). Il s'agit d'une procédure basée sur un test du rapport des vraisemblances. Une ou plusieurs séries voisines homogènes et complètes sont utilisées pour créer une série de rapports.

### Test de tendance Mann-Kendall

Les méthodes (ou techniques) statistiques de détection de tendance, des précipitations et des températures mensuelles et annuelles, sont mises en pratiques à l'aide du logiciel XL-STAT 2019 (2.1). La méthode statistique de Mann-Kendall (Mann 1945 ; Kendall, 1975) a été appliquée à la distribution annuelle et saisonnière des précipitations et de la température pour détecter toute tendance des données sur la période d'étude. Il s'agit d'un test statistique non paramétrique bien adapté pour mesurer l'évolution des données dans le temps (Karpouzos *et al.*, 2010). Les valeurs positives (+) indiquent une augmentation dans le temps tandis que les valeurs négatives (-) indiquent une diminution. Le test observe si une variable de réponse aléatoire augmente ou diminue de façon monotone avec le temps.

#### 3.1.2.2 Calcul de l'indice standard des précipitations (ISP)

L'indice standard des précipitations (SPI) (McKee *et al.*, 1993 ; Svoboda 1999 ; Svoboda *et al.*, 2012) est utilisé pour détecter un déficit de précipitations - sécheresse - ou excès de précipitations - périodes plus humides. Cet indice est calculé par la méthode classique de Nicholson (Nicholson, 1988) pour chaque année et s'exprime comme suit (équation 3.1) :

$$SPI = \sum_j^{N_i} \frac{P_j^i - \bar{P}_j}{\sigma_j} \quad (3.1)$$

Où  $P_{ij}$  est la pluviométrie de l'année  $i$  à la station  $j$ ,  $\bar{P}_j$  est la pluviométrie moyenne interannuelle à la station  $j$ ,  $\sigma_j$  est l'écart-type des séries de précipitations annuelles à la station  $j$ , et  $N_i$  est le nombre de stations de l'année  $i$ .

Les valeurs *SPI* (tab 3.1) peuvent être interprétées comme le nombre d'écart-types par lesquels l'anomalie observée s'écarte de la moyenne à long terme. Les valeurs *SPI* de -2,0 et moins à -1,0 identifient les périodes sèches, de -0,99 à 0,99 identifient les périodes quasi normales et de 1,0 à 2,0+ identifient les périodes humides (Velia *et al.*, 2018).

Tableau 3.1 – Les valeurs de l'indice standard des précipitations (*SPI*). (Svoboda *et al.*, 2012)

Valeur ISP	Période
2.0 et plus	Extrêmement humide
1.5 et 1.99	Très humide
1.0 et 1.49	Modérément humide
-0.99 et 0.99	normal
-1.0 et -1.49	Modérément sec
-1.5 et -1.99	Très sec
-2.0 et moins	Extrêmement sec

## 3.2 Relation climat et phénologie

La deuxième étape consiste à suivre le comportement de la végétation dans le contexte du changement climatique. Elle passe par deux phases : observation sur terrain et images satellitaires.

### 3.2.1 La description physionomique des écosystèmes du Sétifois

Cette étape se base sur des observations directes sur le terrain. La caractérisation des différents habitats se traduit par une description physionomique des différentes strates des formations forestières. Le choix des stations réalisées sur le terrain varie, en fonction de plusieurs critères à savoir : type d'écosystème, l'accessibilité, la diversité, la variante géomorphologique et bioclimatique, ainsi que de la typologie des habitats. A l'intérieur de chaque station sélectionnée, il sera utile de préparer des itinéraires recoupant les différentes situations topographiques, mésoclimatiques et géologiques, de manière à traverser les différents écosystèmes représentés localement (Gillet, 2000).

- Effectuer des parcelles de 30m x 30m dans chaque type de végétation. Dans cette approche nous avons effectué un nombre de points GPS (100 points), pour mieux caractériser les milieux et leurs habitats, nous avons opté pour, une méthode de telles façons de prendre quatre points, formant un carré chaque point à une distance de 30 mètre et un point central du carré. C'est une méthode pour donner une signification d'la réponse spectrale.

Cette base de données servira à la fois, à la connaissance du terrain, dans l'étude diachronique envisagée par l'utilisation de la télédétection, et aussi servira pour une comparaison spatiotemporelle de l'évolution des écosystèmes dans la région d'étude.

### 3.2.2 L'apport de modèle numérique de terrain (MNT)

Le modèle numérique de terrain (MNT) couplé au Système d'Information Géographique (SIG) et au levé de terrain par le Système de Positionnement Global (GPS) a servi à déterminer la variable altitude.

### 3.2.3 L'apport des images satellites

Mieux connaître les particularités de l'activité végétale et les relations avec les différents facteurs qui l'influencent peut aider à une meilleure compréhension des différentes interrelations qui les unissent et finalement conduire à une meilleure gestion de la ressource végétale. En l'absence de données mesurées au sol, l'imagerie satellite facilite la surveillance permanente de la couverture végétale et autorise des analyses complexes de son évolution spatiale et temporelle (Iona-Toroimac, 2006). Pour notre étude nous avons choisi d'utiliser des images provenant de capteur Landsat 5 TM (2007), Landsat 8 ETM+ (2019) et capteur MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) embarqué à bord du satellite TERRA pour la période du 18/02/2000 au 25/05/2018. Ces dernières années, la mise en orbite de capteurs de plus en plus perfectionnés a permis d'optimiser et de vulgariser l'analyse des couverts végétaux à partir d'indices biologiques tels que le Normalized Difference Végétation index (NDVI). Cet indice rend compte de l'activité photosynthétique de la canopée (Tucker, 1979).

#### 3.2.3.1 Prétraitements des données satellitaires

Lors de l'acquisition d'une image satellitaire optique, le capteur imageur mesure la quantité d'énergie réfléchi par la surface de la Terre à l'aide d'un radiomètre. Malheureusement, l'information reçue par le radiomètre n'est pas une mesure précise et uniforme. En effet, le signal reçu est perturbé par la présence d'erreurs, d'artefacts, de déformation due au processus d'acquisition. Les prétraitements des données satellitaires permettent alors d'obtenir des valeurs de réflectance corrigées de ces effets perturbateurs. Ils sont généralement divisés en trois catégories (Maini *et al*, 2007) :

1. les corrections géométriques pour rendre superposables les images de la série,
2. les corrections radiométriques pour obtenir des valeurs de réflectance comparables entre les images de la série,

3. les corrections atmosphériques pour éliminer les nuisances des nuages etc...

### 3.2.3.2 Réalisation des compositions colorées

Les compositions colorées en fausses couleurs qui utilisent la bande du proche infrarouge (Rouge  $\diamond$  Proche Infra Rouge / Vert  $\diamond$  Rouge / Bleu  $\diamond$  Vert) sont très utiles pour l'identification de la végétation, les milieux urbains, ainsi que les zones humides. Cette combinaison repose sur le principe d'affectation des bandes spectrales choisies aux trois couleurs primaires rouge, vert et bleu (Enonzan, 2010). Les traitements des images satellites ont été faits à l'aide du logiciel de télédétection ENVI 5.1.

### 3.2.3.3 Indice de végétation normalisé, NDVI

Le NDVI est calculé en utilisant la bande proche infrarouge et infrarouge. Landsat 5 utilise la bande 3 (rouge) et la bande 4 (proche infrarouge) (Masek *et al*, 2006). Landsat 8 utilise la bande 4 (rouge) et la bande 5 (proche infrarouge) (Vermote *et al*, 2016). Le NDVI a été calculé en utilisant l'équation 3.2 ci-dessous :

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{red}}{\rho_{NIR} + \rho_{red}} \quad (3.2)$$

$\rho_{NIR}$  est la bande spectrale correspondant au proche infrarouge (compris entre 0,55 et 0,68  $\mu m$ ) et  $\rho_{red}$  celle correspondant au rouge (compris entre 0,73 et 1,1  $\mu m$ ). Les valeurs théoriques du NDVI sont comprises entre -1 et 1 (entre 0,1 et 0,9 pour la végétation). Huete *et al.* (2002) considèrent que cet indice est suffisamment stable pour permettre des comparaisons de l'activité végétale dans le temps, saisonnière ou inter-annuelle. Ils ajoutent que la force du NDVI réside dans sa conception même. En effet cet indice étant un ratio, calculé à partir de deux bandes spectrales, il permet d'éliminer une partie de certains bruits comme les contaminations atmosphériques (aérosols ...), les différences d'illumination du sol ou encore l'ombrage nuageux. Par ailleurs, le NDVI possède un pouvoir séparateur intéressant : les nuages, l'eau et la neige ont une plus grande réflectance dans le visible que dans l'infrarouge, leur NDVI est donc négatif et l'on peut les isoler facilement. A l'inverse, roches et sols nus auront une réflectance semblable dans le visible et l'infrarouge mais leur très faible valeur de NDVI, de part et d'autre de zéro, ne permet pas la confusion avec la végétation (Huete *et al.*, 1997)

Le produit MOD13Q1 version 6 fournit une valeur d'indice de végétation (VI) par pixel. Il y a deux couches de végétation principales. La première couche est l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI), appelé indice de continuité par rapport au NDVI dérivé du radiomètre avancé à très haute résolution de l'administration nationale des océans et de

l'atmosphère (NOAA-AVHRR). La deuxième couche est l'indice de végétation amélioré (EVI), cet indice a amélioré la sensibilité sur les régions à forte biomasse.

La grille comprend 4 800 lignes et 4 800 colonnes de 250 mètres de pixels. L'algorithme choisit la meilleure valeur de pixel disponible parmi toutes les acquisitions de la période de 16 jours. Les critères utilisés sont les nuages bas, le faible angle de vue et la valeur NDVI / EVI la plus élevée.

Outre les couches de végétation et les deux couches d'assurance qualité, le fichier HDF comportera les bandes de réflectance MODIS 1 (rouge), 2 (NIR), 3 (bleu) et 7 (MIR), ainsi que quatre couches d'observation. La validation à l'étape 3 a été réalisée pour tous les produits de végétation MODIS MOD / MYD13.

### 3.2.3.4 Calcul d'Indice d'humidité par différence normalisée (NDMI)

Le NDMI a été utilisé pour détecter des changements subtils dans l'humidité de la végétation. La formule de l' NDMI pour Landsat 5 (Masek *et al*, 2006) et Landsat 8 (Vermote *et al*, 2016) est indiquée ci-dessous (équation 3.3) :

$$NDMI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR) \quad (3.3)$$

Où NIR = bande proche infrarouge et SWIR = l'infrarouge à ondes courtes

### 3.2.3.5 Quotient pluviométrique d'Emberger

L'indice d'Emberger définit le degré d'humidité du climat. Il prend en compte les précipitations annuelles P, la moyenne des maxima de température du mois le plus chaud (M) et la moyenne des minima de température du mois le plus froid (m). Cet indice est plus particulièrement adapté aux régions méditerranéennes dans lesquelles il permet de distinguer différents étages bioclimatiques. Selon Emberger, l'amplitude thermique (M-m), donc l'évaporation, est un facteur important de la répartition des végétaux (Emberger, 1955). Les images MODIS comprend des bandes indiquant les valeurs des précipitations et les températures dans chaque scène.

On utilisant de la formule suivante (équation 3.4) :

$$Q2 = 2000P / M^2 - m^2 \quad (3.4)$$

Avec :

P : Cumul pluviométrique annuel, en millimètres.

M : Moyenne des maxima du mois le plus chaud, en Kelvins.

m : Moyenne des minima du mois le plus frais, en kelvins.

Nous avons utilisé la formule de Q2, sachant que les données que nous disposons sont les données des séries temporelles de MOD13Q. Après le calcul nous avons obtenu pour chaque point de notre région d'étude une valeur de Q2. Dans cette étape nous avons utilisés le logiciel R traitement et analyses des données au sein du Laboratoire ESO Le Mans Université, France.

---

## Résultats et discussion

### 4.1 Identification et caractérisation des écosystèmes du Sétifois

De part son hétérogénéité climatique, géomorphologique et édaphique, le Sétifois abrite diverses communautés végétales qui constituent autant d'écosystèmes. Le tapis végétal se compose de différents types de forêts et matorrals, de pelouses, de prairies, d'une végétation hygrophile liée aux mares temporaires et aux cours d'eau et dans sa partie méridionale une végétation steppique.

#### 4.1.1 Apport de la télédétection dans la caractérisation des écosystèmes

Il existe une multitude de possibilités en télédétection permettant à l'utilisateur de pouvoir faire ressortir les éléments désirés, comme l'urbain, la végétation, l'agriculture, etc. (Latour, 2017). L'utilisation de la composition colorée infrarouge sur une image satellite de Landsat 8 sera celle qui nous permettra de distinguer les différents niveaux d'activité chlorophyllienne de notre zone d'étude. Pour obtenir une image colorée en infrarouge (fig 4.1), il suffit de superposer dans l'ordre les bandes (Godard, dernière mise à jour 2020) :

Bande 3 : Vert. ((Visible) ; 0.53 - 0.59 )

Bande 4 : Rouge (0.64 - 0.67)

Bande 5 : Infrarouge proche (0.85 - 0.88)

Les classes thématiques, identifiables sur la composition colorée sont réparties en quatre groupes :

- Les sols nus apparaissent en blanc ;
- Les plans d'eau en bleu foncé ;
- Les sols végétalisés sont représentés par une teinte allant du rose au rouge ;
- Les constructions (bâti) en bleu ciel.

La chlorophylle, pigment caractéristique des plantes, réfléchit dans l'infrarouge (Pony *et al*, 2000 consulté janvier 2020). Les zones rouges sont celles où l'activité chlorophyllienne est la plus élevée, ce qui est synonyme d'une grande activité physiologique et d'un état sa-

nitaire satisfaisant. Inversement plus l'activité chlorophyllienne s'amenuise plus la couleur tend vers le rose. Plusieurs auteurs, à l'instar Koné *et al.*, (2007) et Dibi N'Da *et al.*, (2008) ont utilisé les bandes infrarouges dans leurs compositions colorées pour cartographier l'occupation du sol et de la végétation.

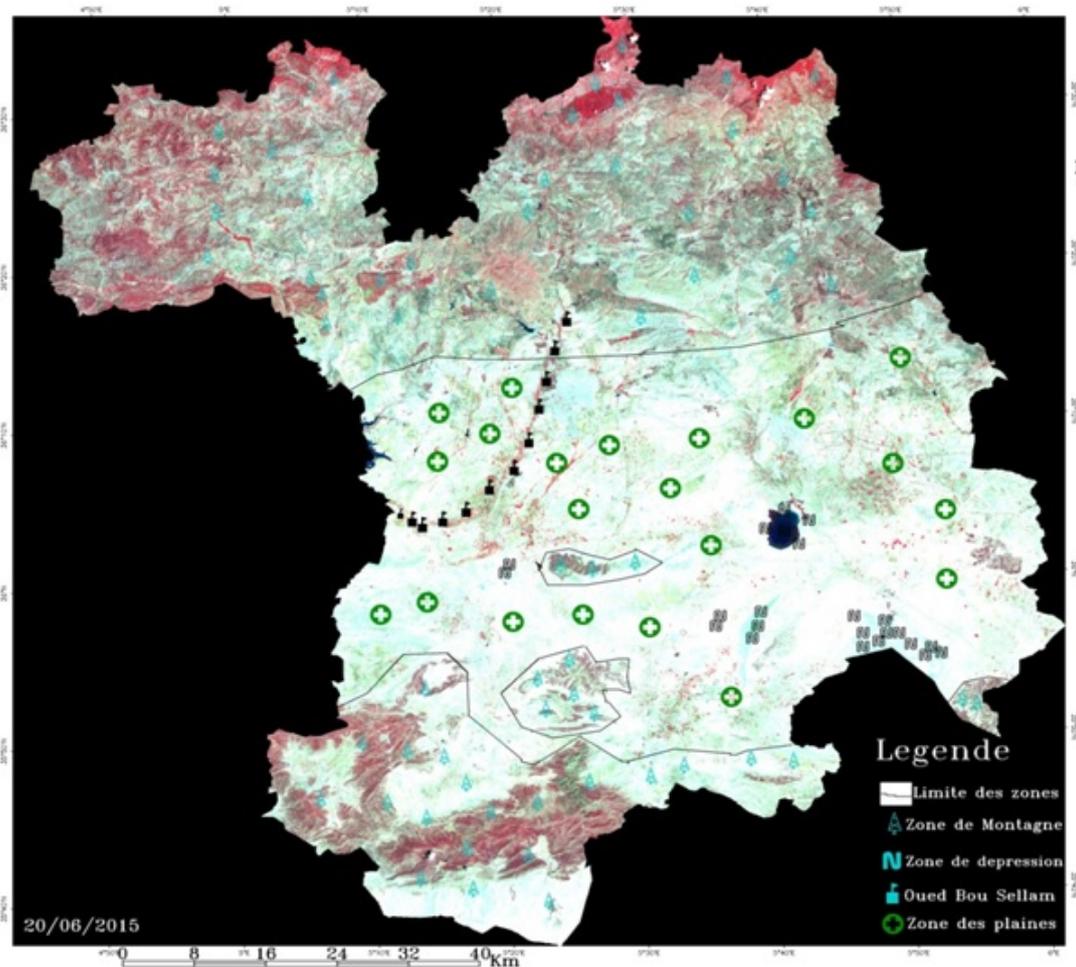


FIGURE 4.1 – Composition colorée Infrarouge couleur sur image satellite Landsat8

## 4.1.2 Typologie de la végétation du Sétifois

La caractérisation des classes thématiques identifiées précédemment a été réalisée à l'aide d'observation sur le terrain. Ce qui nous a permis d'identifier plusieurs formations :

### 4.1.2.1 Les formations forestières

Les différentes catégories de forêts, selon Quézel (1976), Quézel et Bonin (1980) présentes dans la région méditerranéenne se retrouvent dans notre région : Les forêts de conifères, les forêts caducifoliées, les forêts sclérophylles et les forêts hygrophiles se développent

le long des cours d'eau et les forêts mixtes.

### **Les forêts de conifère**

Les cédraies et les sapinières dans le nord. Ces deux conifères sont parmi les espèces les plus nobles de la forêt algérienne, et même nord africaine. Si le cèdre possède une aire de répartition, très disjointe, mais couvrant plusieurs massifs algériens et marocains, le sapin de Numidie, par contre, est circonscrit aux djebels Babor et Tababort. Le cèdre constitue soit des forêts pures, soit des forêts mixtes où il se retrouve en mélange avec d'autres essences forestières particulièrement le chêne zeen, le chêne vert, le sapin de Numidie et les érables (fig 15). Le sapin de Numidie, par contre, se retrouve toujours en mélange avec le cèdre (à partir de 1800m d'altitude jusqu'au 1980m), le chêne zeen et le peuplier tremble, pour constituer des forêts mélangées, avec comme espèces secondaires les érables, notamment *Acer obtusatum* (Gharzouli, 2007).

Dans le mont de Boutaleb, les céderais apparaissent à partir de 1440m d'altitude et les pinèdes se localise entre 950m et 1250m d'altitude. Dans les monticules d'Ain Oulmene, Ouled Si Ahmed, Sekrine, Baadeche et djbel Youcef située dans les plaines, le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) constitue l'espèce utilisée dans les reboisements.

Lorsque nous avons fait nos observations, entre 2016 et 2018, les cédraies du versant nord, du djebel Babor, et celles des hauts de versant des autres massifs, étaient relativement bien conservées avec une densité de la strate arborescente supérieure à 60 % et une bonne régénération. Par contre celles du djebel Righa Dahra sont très dégradées. Le recouvrement global est généralement assez faible. La forêt ne constitue plus que des bosquets discontinus avec le chêne vert.



FIGURE 4.2 – Formation forestière à Babors 2018

### Forêts de feuillus (Sclérophylles et Caducifoliées)

Les forêts caducifoliées, en Algérie, sont localisées, essentiellement, sur les massifs littoraux et sublittoraux, sous des bioclimats humides à per humides, rarement subhumides. Elles constituent aujourd'hui des formations souvent mixtes, s'associant à diverses essences caducifoliées ou à des résineux méditerranéens, le pin d'Alep. Les forêts caducifoliées sont présentes dans le nord dans les Babors ; les essences inventoriées sont : chêne zeen, *Quercus canariensis*, chêne afarès dans les altitudes dépassant les 1500 m, aussi nous avons localisé le chêne afares, *Quercus afares* dans les altitudes à 1300 m, dans la forêt de Tamentout, Ain Esebt, et quelque bosquet à Bougâa, à la même altitude (1300m nord).

Le chêne zeen constitue aussi des formations pures, avec comme principale espèce arbustive *Cytisus villosus*. Il est souvent associé au cèdre et, en altitude, au sapin de Numidie.

Les forêts sclérophylles constituées par les chênes à feuilles persistantes, ils correspondent surtout à des matorrals élevés à chêne vert. Ces chênaies se localisent sur les piémonts des massifs des Babors, à toutes les expositions, entre 900 et 1300 m d'altitude. Dans le sud du Sétifois le chêne vert occupe une bande large allant de 900m jusqu'à 1450m d'altitude.

Le chêne liège, *Quercus suber* se localise dans la forêt de Tamentout à Ain Sebt et à Bou Andes. Ce type de végétation forme une belle forêt à chêne liège (850m et 1050m d'altitude), recouvrement plus de 50%.

### Forêts mixtes

Les sorties que nous avons effectuées pendant trois années consécutives 2016-2017 et 2018 ont permis de décrire toutes ces formations forestières (fig 16). Les principales essences forestières sont : le Cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica*, le sapin de Numidie, *Abies numidica*, présent uniquement sur le Babor et le Tababort, il se localise à partir de 1800m d'altitude jusqu'à 1980m en association avec le chêne zèen, *Quercus canariensis* et les quatre espèces d'érables, érable champêtre, *Acer campestre*; *Acer obtusatum*, *Acer monspessulanum*. L'autre particularité de ce massif est la présence du peuplier tremble, *Populus tremula*. Dans ces endroits se focalise la population du singe Magot. A Boutaleb les forêts mixtes sont représentées par le Cèdre de l'Atlas, le chêne vert.



FIGURE 4.3 – Forêt mixte *Cedrus atlantica*. Babors 2018.

#### 4.1.2.2 Les Forêts riveraines

La ripisylve est la formation végétale naturelle située sur la rive. C'est un milieu inféodé aux cours d'eau, particulièrement riche en diversité floristique. La forêt riveraine, rivulaire ou ripisylve (étymologiquement du latin ripa, « rive » et Sylva, « forêt ») et l'ensemble des formations boisées, buissonnantes et herbacées présentes sur les rives d'un cours d'eau, la notion de rive désignant l'étendue du lit majeur du cours d'eau non submergée à l'étiage (Huylenbroeck *et al*, 2019). L'écoulement des Oueds comme la majorité des cours d'eau du Sétifois, conséquence de l'irrégularité des précipitations, ont des écoulements irréguliers. Le débit est à son maximum en hiver et au début du printemps. Selon le régime pluviométrique, la majorité des Oueds possède un régime torrentiel, ce qui provoque souvent des inondations (Bensettiti, 1995). Le choix des trois forêts riveraines est fait, du fait que ces milieux abritent une diversité biologique importante.

Ces milieux peuvent être perturbés par le changement climatique, et par l'action anthropique.

#### Forêt riveraine, Oued Bou sellem

Oued Bou Sellem constitue le principal axe hydrographique du Sétifois qui alimente le barrage de Ain Zada. Il prend sa source à Ras Ain Bou sellam qui se trouve au Nord de Farmatou et draine vers Oued Soummam, 159 km de longueur et un volume régularisable annuellement de près de 38  $Hm^3$  soit 25  $m^3/S$ . Cet élément dit sous- bassin de Oued Bou Sellem du territoire occupe une Superficie de 4300  $km^2$  du bassin Versant de la Soummam. Il est constitué par la réunion de l'oued Gassar qui longe le piémont sud du djebel Megress (Altitude 1737m) et oued Ouricia qui se trouve dans la partie sud ?est, de ce djebel. Il prend sa source à une altitude de 1100 m environ à cinq kilomètres au Nord ?Ouest de la ville de Sétif .Il s'étale approximativement entre les coordonnées géographiques suivantes : 36° 10' 00"N ; 5° 20' 00" E et 36°15'00"N ; 5° 25' 00" E. Oued Bou Sellem traverse plusieurs agglomérations dans la région Nord de Sétif Bougaâ, Hammam Gergour, Oued Sebt, Charchar et Beni Ourtillene et la région Sud Farmatou, Sidi el khier ,Mezloug et Hammam Ouled Yelles .(Joane, 2007) pour se déverser dans le barrage da Ain Zada (125 million  $m^3$  de capacité). Les apports hydriques de cet Oued sont constitués d'une part de la fonte des neiges du mont de Megriss et d'autre part d'une multitude d'émergences pérennes. (Fig 4.4).



FIGURE 4.4 – Forêt riveraine : Oued Bou Sellem. 2017

#### **Diversité floristique :**

Nous avons deux lits, constituant cet écosystème.

Le lit majeur qui abrite les essences suivantes : *Fraxinus excelsior*, *Ulmus campestris* , *Salix alba* , *Populus alba*, *Populus nigra*.

Le lit mineur qui abrite une végétation aquatique et une strate herbacée diversifiée. L'effet de l'action anthropique sur la ripisylve : La commune de Sétif à envisagée des aménagements en vue de l'accueil du public. Par contre, cette action engendre des perturbations comme les diversement des eaux usées dans cette entité (4.5).



FIGURE 4.5 – Déversement des eaux usées dans Oued Bou Sellem. 2017

Deuxième opération, l'installation des conduites de transferts d'eau pour irrigation ou en eau potable, traverse le cours d'eau dans une grande partie. Cette opération à engendrée une modification du tracé de cette ripisylve. Aussi la végétation à été détruite (Les coupes autorisées par l'administration). Là est-ce que l'homme a besoin de détruire ces milieux pour satisfaire un besoin ! Alors que le tracé de ces conduites pourrait se faire hors de cette ripisylve (fig 4.6).



A : opération du transfert d'eau

B : les coupes d'arbres Raf Ain Bou Sellem

FIGURE 4.6 – Coupes d'arbres, Oued Bou Sellem 2018.

#### **Forêt riveraine, Oued E I Kharoua :**

La ripisylve prend sa source du village d'El Kherba(Ain-Abessa).Il se localise dans un rectangle de coordonnée ; N :36° 10' 45.06'' et N : 36° 17' 27.89'', entre E : 5° 10' 52.06'' et E : 5° 16' 24.27'' (Altitude de 1057 m), et il rejoint barrage Ain zada à une altitude de 851 m, sur une longueur de 23,713 Km (Fig 4.7)

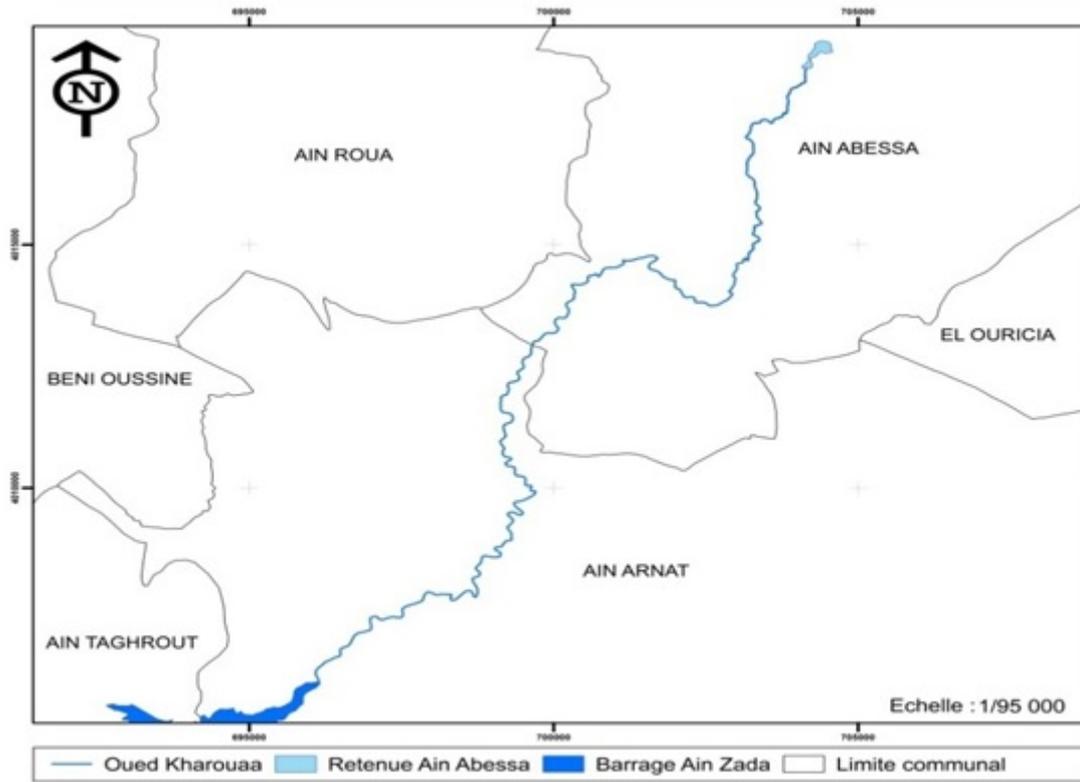


FIGURE 4.7 – Localisation Oued El Kharouaa. (Source ADE Sétif 2017)

Quatre stations ont fait l'objet pour décrire cette formation (fig 4.8).

Les coordonnées et la localisation de ces stations se trouvent dans l'annexe n°3.

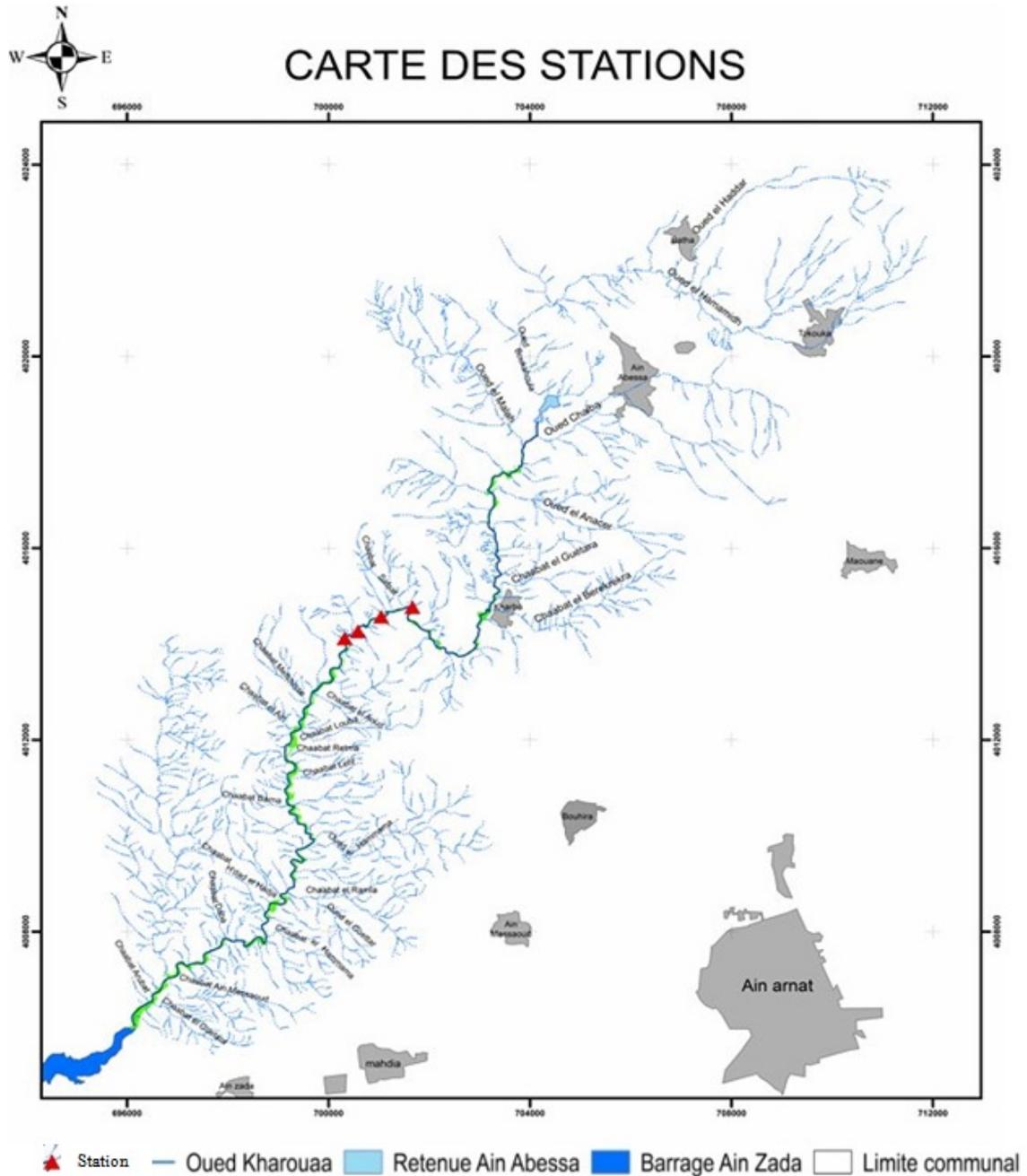


FIGURE 4.8 – Répartition des stations effectuées. Oued El Karouaa 2017

### Description de la végétation de la ripisylve El Kharouaa

Station 1 : Kef Edalia est située à 990 mètres d'altitude. La strate arborescente est bien développée, avec un taux de recouvrement plus élevé. La strate arborescente est constituée par ; le peuplier, le frêne et l'orme. La strate arbustive est prédominée par *Rosa canina* et autre espèces comme par exemple, le *Calycotome spinosa* et, il est à signaler que cette strate est constituée par des jeunes individus de la régénération des arbres (fig 4.9).

La strate herbacée est représentée par des espèces appartenant à différentes familles botaniques comme par exemple : Les poacées, Lamiacées, les juncacées : *Apium graveolens* ; *Salix purpurea* ; *Rosa canina* ; *Crataegus oxyacantha* ; *Alisma Plantago-aquatica* ; *Plantago major* ; *Fraxinus excelsior* ; *Juncus inflexus* ; *Populus alba* ; *Populus nigra* ; *Calycotome spinosa*.



FIGURE 4.9 – Station kef El Dalia, Oued El kharouaa, Sétif. Mai 2017

Station 02 : La deuxième station se localise à 994 mètres d'altitude, on note dans cette partie la présence de plusieurs activités agricoles. La ripisylve est dans un état plus au moins naturel, sein et bien structurer. Autrement dit protéger par les deux agriculteurs, qui approvisionnent ces milieux. Inversement de la première station, ces milieux présentent une richesse floristique et faunistique remarquable. Elle est identique à la première station sauf que l'apparition de deux nouvelles espèces qui sont *Tamarix africanum* et *Ulmus campestris*. Le *Tamarix africanum*, constitue strate arbustive dense, ce qui fait que ces milieux sont peu fréquentés, sa composition, et sa structure fermée. Liste des espèces inventoriées dans cette station : *Apium graveolens* ; *Salix purpurea* ; *Tamarix africana* ; *Rosa canina* ; *Crataegus oxyacantha* ; *Alisma Plantago-aquatica Plantago major* ; *Fraxinus excelsior* ; *Ulmus campestris* ; *Juncus inflexus* ; *Capparis spinosa* ; *Populus alba* ; *Populus nigra* ; *Calycotome spinosa*. (fig 4.10)



FIGURE 4.10 – Station n°2, Oued El kharouaa, Sétif. Mai 2017

Station 3 : Cette station se localise à 980 mètres d'altitude, au sein de cette entité du paysage se développe une formation végétale clairsemée présentant un écartement moyen entre les arbres supérieur à 8 m ce sont des milieux plus au moins ouverts, dont les arbres sont peu fréquents ; cette partie de la ripisylve se caractérise par la présence de deux strates bien distincte : Une arbustive dominée par le *Tamarix africana* et *Rosa canina* ; la deuxième strate formant les hydrophytes. Le milieu est plus au moins naturel caractérisé par une diversité faunistique importante telles que les nids des oiseaux à ras du sol, les tortues terrestres, et des canards. Liste des espèces inventoriées : *Apium graveolen* ; *Salix purpurea* ; *Tamarix africana* ; *Rosa canina* ; *Crataegus oxyacantha* ; *Alisma Plantago-aquatica Plantago major* ; quelques individu de *Fraxinus excelsior* ; *Ulmus campestris Juncus inflexu* ; *Capparis spinosa* ; *Populus nigra* ; *Calycotome spinosa*.

Station 4 : La dernière station se trouve à 975 mètres d'altitude, se caractérise par la présence de toutes les strates dont la strate arborescente se développant à la moyenne de 6 m à 10 m d'écart. La strate arbustive présente tout au long du cours d'eau (fig 4.11).



FIGURE 4.11 – Station n° 4, Oued El Kharouaa, Sétif. Juin 2017

### **Oued el Bordj, Megriss**

La source est à partir de 1644 m d'altitude, pour ce jeté dans Oued El Batha, environ 1150m d'altitude. Coordonnée géographique :36°19'54.85"N. 5°20'43.12"E. les pluies et la neige constitue la source de cette forêt riveraine. Les débits les plus forts sont enregistrés en hiver, et au début du printemps. L'oued peut s'écouler jusqu'au mois de juillet dans les années pluvieuses. (Fig 4.12).

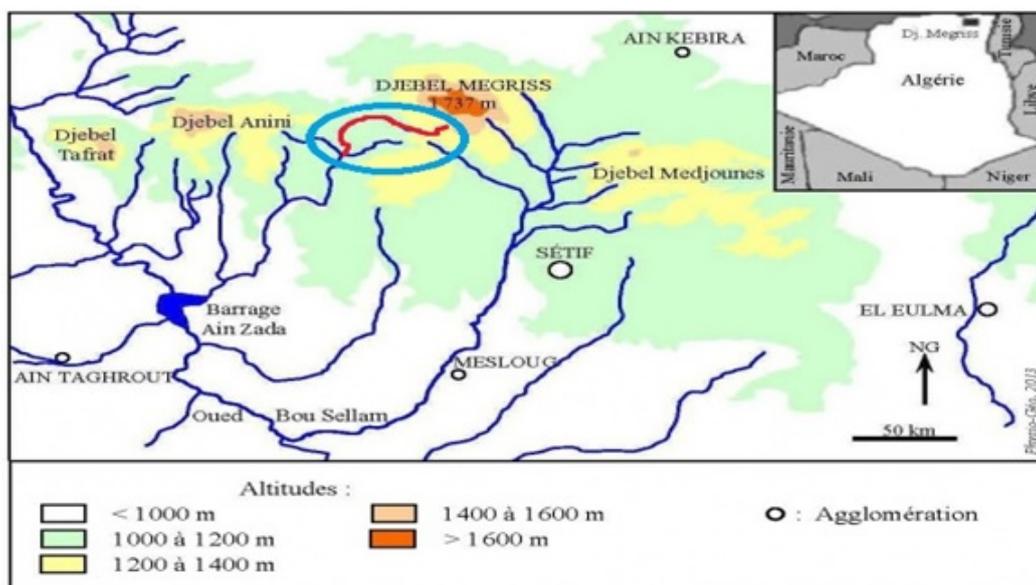


FIGURE 4.12 – Localisation de la ripisylve Oued El Bordj, Sétif. (Source DH Sétif)

Etude de la végétation : Pour cela nous avons effectué plusieurs stations :

Station 1 : La partie amont de la ripisylve, c'est la prairie ; elle est dominée par une strate herbacée très importante avec un recouvrement de 100%, elle est constituée principalement par des hemicryptophytes, des géophytes et hydrophytes (fig 4.13).



FIGURE 4.13 – Photo de l'amont ; Oued El Bordj, Megriss. 2016

Les espèces rencontrées dans partie sont représentées dans le tableau 4.1.

Tableau 4.1 – Les principales espèces récoltées dans la station 1

L'espèce	Type biologique	Type chorologique
<i>Ranunculus repens</i>	Hem	Med
<i>Carex distans</i>	Hem	Paleotemp
<i>Glyceria maxima</i>	Hem	Subcosm
<i>Trifolium repens</i>	Hem	circumbor
<i>Juncus effusus</i>	Hem	euro
<i>Centaureum pulchellum</i>	Hem	paleotemp
<i>Santolina rosmarinifolia</i>	Cha	Iber maur
<i>Juncus inflexus</i>	Hem	paleotemp
<i>Ornithogalum umbellatum</i>	Geo	Atl_Med

Station 02 : La formation végétale rupicole est bien développée dans une falaise rocheuse. La physionomie et la structure de cette station est illustrée dans la figure 4.14.



FIGURE 4.14 – Station 2 représente les espèces rupicoles, Oued El Borj, Megriss Juin 2015

Nous avons inventorié les espèces suivantes : (tab 4.2).

Tableau 4.2 – Les principales espèces récoltées dans cette formation végétale

Nom scientifique	Type biologique	Type chorologique
<i>Rubus ulmifolus</i>	Np	Eur-med
<i>Rosa canina</i>	Np	euras
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Ge	
<i>Ornithogalum umbellatum</i>	Ge	Alt- med
<i>Ranunculus repens</i>	Hem	med
<i>Lotus articulata</i>	Hem	Eur-Asi

La station 03 : La strate herbacée est importante et on note la présence des arbustes (fig 4.15).



FIGURE 4.15 – Station 3, Formation à *Ulmus* et des hygrophytes, Oued El Borj, Megriss. Juin 2015

Le tableau 4.3 représente les espèces inventoriées dans cette station.

Tableau 4.3 – Les principales espèces inventoriées dans la station n° 03

Nom scientifique	Type biologique	Type chorologique
<i>Ulmus campestris</i>	Ph	Euras
<i>Alisma plantago aquatica</i>	the	Circumbor
<i>Ranunculus repens</i>	hem	Med
<i>Lotus articulata</i>	hem	Eur-asie
<i>Rubus ulmifolus</i>	Np	Eur-med
<i>Mentha aquatica</i>	hem	Paleotemp

Station 4 : C'est une prairie à base des Hemicryptophytes et des Thérophytes avec la présence des Chamaephytes en faible pourcentage. Elle abrite une végétation hygrophytes, c'est un terrain plat favorisant une certaine stagnation d'eau à ce niveaux. La figure 4.16 représente la physionomie de cette entité.



FIGURE 4.16 – Station n° 4, Prairie à base d'hémicryptophytes, Oued El Borj, Megriss. Juin 2016

Pour cette station la végétation est classée dans le tableau 4.4

Tableau 4.4 – Les principales espèces inventoriées dans cette station

Nom scientifique	Type biologique	Type chorologique
<i>Phleum pratense</i>	Hem	Circumbor
<i>Juncus effusus</i>	Hem	Euro
<i>Juncus compressus</i>	Geo	Euras
<i>Ranunculus repens</i>	Hem	Med

Station 5 : Cette formation végétale abrite les gorges constitutives du lit de cet Oued. Il est bien de noter la présence des espèces comme : *Salix alba* constituant la strate arborescente accompagné avec *Rosa canina*, *Crataegus oxyacantha*, et le *Rubus ulmifolius*. Cette photo nous donne une idée sur la richesse spécifique de cette station, ainsi que la densité des endroits qui compose cette entité écologique. (fig 4.17)



FIGURE 4.17 – Diversité de la station n° 6 (*Pyrus Communis*), Oued El Borj, Megriss. Juin 2016

Station 6 : Dans cette station on note la présence de l'érable champêtre, cette essence de demi-ombre dans leur jeune âge, elles préfèrent les climats frais avec une humidité atmosphérique élevée. Les grands érables supportent bien les grands froids mais sont sensibles aux gelées printanières, les érables exigent des sols aérés, assez frais, à pH proche de la neutralité. Ils craignent les sols acides, il est à noter que cette formation c'est installée dans la vallée, ce sont des sols peut profonds, et les individus de l'érable champêtre se développent et se comporte très bien en présentant une croissance importante. Dans cette station nous avons recensé 20 individus, et la présence de jeunes pousses dans différent stade de développement. Il est à signalé qu'ont trouvent des espèces dans des différents stades de maturité, formant la strate arborescente et arbustive représentées par les espèces suivantes : *Ulmus campestris*,

*Salix alba*, *Rosa canina*, *Crataegus oxyacanta* (fig 4.18).



FIGURE 4.18 – Station d'érable champêtre dans les gorges, Oued El Borj, Megriss. Juin 2015

Station 7 : C'est une formation végétale arbustive dominée par l'érable champêtre (*Acer compestris*), c'est un arbre ou arbuste atteignant plus de 5-6 mètres de hauteur, à écorce fendillée - feuilles petites, coriaces, glabres, vertes et luisantes en dessus, mates et glauques en dessous, à peine en cœur à la base, à 3 lobes triangulaires obtus, presque égaux en entiers, séparés par des sinus formant presque un angle droit - fleurs d'un jaune verdâtre, paraissant avant ou avec les premières feuilles, en corymbes à la fin penchés, sessiles pétales et filets des étamines glabres - samares glabres, petites, à coques très convexes, veinées, à ailes dressées-convergentes, rétrécies à la base (fig 4.19).



FIGURE 4.19 – Erable Champêtre Oued El bordj Megriss, Juillet 2015

Cette station représente une formation végétale arborescente plus au moins dense, elle est localisée entre 1440 et 1390m d'altitude. Sur le plan physiognomique, cette entité est constituée principalement par deux espèces celle de l'érable Champêtre et l'orme. Dans cette partie nous avons énuméré plus de 30 individus de l'érable champêtre, occupant tous les strates qui constituent la ripisylve. Le sous bois est constitué par les deux espèces *Rosa canina* et *Crataegus oxyacantha*. Les autres espèces figurent dans le tableau 4.5 :

Tableau 4.5 – Liste des espèces inventoriées dans la station

Nom scientifique	Type biologique	Type chronologique
<i>Rosa canina</i>	Np	Euras
<i>Crataegus oxyacantha</i>	Np	Eur-med
<i>Salix alba</i>	Np	Paleotemp
<i>Acer campestre</i>	Mp	Europe méridionale ; Asie occidentale ; Afrique du nord
<i>Crepis vesicaria</i>	The	Eur-med
<i>Rumex acetosa</i>	Hem	Eur- asi
<i>Linum strictum</i>	Hem	Med-alt
<i>Lotus articulata</i>	Hem	Eur-asie

#### 4.1.2.3 Les Matorrals

Le Sétifois s'individualise par la présence de ces formations sur les versants sud dans la partie Nord, et dans les monts du sud se développe un peu partout. ce matorral occupe les altitudes entre 1200 et 1600m à recouvrement variable et faible (35 à 55 %) à base *Quercus rotundifolia* L, d'*Olea europea* L, *Pistacia lentiscus* Desf, *Crataegus azarolus* L, *Juniperus oxycedrus* , *Phillyrea angustifolia* L , *Calicotome spinosa* (L.) Link, *Prunus prostrata* Labill, *Pinus halepensis* Mill, et *Rhamnus alaternus* L. *Retama microcephala*.

A Bouaandes, Bougaa, et Ain Raoua, altitude inférieure à 1600m ; où se développent des matorrals bas et élevé (fig 4.20), On trouve chêne vert, *Quercus rotundifolia* et un bosquet de chêne Afarès (*Quercus afares*). C'est l'unique station où nous avons rencontré ce type de formations.



FIGURE 4.20 – Matorrals à Diss et genévrier oxycèdre, Bougâa 2017

Les données des formations à matorrals dans le nord (tab 4.6). Ces données sont utilisées dans le suivi de la végétation à l'aide de la télédétection (Annexe 2).

Dans le sud le chêne vert occupe une grande partie du djebel Boutaleb. Il est associé avec le Cèdre de l'Atlas, aussi il s'associe avec le pin d'Alep dans la basse altitude. A ouled teben , Le chêne vert, *Quercus rotundifolia* L forme des matorrals en association avec d'*Olea europea* L, *Pistacia lentiscus* Desf, *Crataegus azarolus* L, *Juniperus oxycedrus* , *Phillyrea angustifolia* L , *Calicotome spinosa* (L.) Link, *Prunus prostrata* Labill, *Rhamnus alaternus* L. *Retama microcephala*.

#### 4.1.2.4 Les formations végétales steppiques

Cette formation végétale se localise dans les plaines et le sud du Sétifois, principalement Steppe à *Artemisia herba - alba* Asso. Cette steppe est observée entre 1000 et 1300.m d'altitude du djbel youcef sur le flanc Nord. A Boutaleb cette formation s'individualise dans les flans Sud. Le cortège floristique est constitué principalement d'*Artemisia herba alba* Asso, *Trisetum flavescens* (L.) Beauv., *Poa bulbosa* L., *Dactylis glomerata* L., *Bromus madritensis* L., *Hedysarum naudinianum* Coss. La végétation colonise des terrains très caillouteux à des altitudes moyennes. Cette formation est constituée d'espèces de dégradation dont principalement *Asphodelus microcarpus*, *Thymelea hirsuta*, *Peganum harmala*.

#### 4.1.2.5 Les pelouses

Les lignes de crêtes et les hauts de versants sont occupés par des pelouses écorchées, ou formations à xérophytes épineux, constituées par : *Bupleurum spinosum*, *Alyssum spinosum* et *Prunus prostrata*. Les crêtes dénudées et les clairières hébergent des pelouses mésophiles à géophytes et à hémicryptophytes constituées de *Satureja granatensis*, *Erysimum grandiflorum*, *Alyssum serpyllifolium*, *Dactylis glomerata*, *Origanum vulgare subsp. glandulosum*, *Sinapis pubescens*, *Sedum amplexicaule subsp. tenuifolium*, *Anthemis punctata*, *Satureja alpina subsp. meridionalis*, *Teucrium polium* et *Teucrium chamaedrys*. Sur les pentes rocheuses *Prunus prostrata* est plus fréquent.

#### 4.1.2.6 Chotts et sebkhat

Dans la partie sud s'individualise des sebkhats et des chotts, dont la superficie, varie d'une région à l'autre, les oueds dénudés de la végétation, sauf une strate herbacée constitue les rives des cours d'eau. La figure 4.21 représente sur un fond numérique LandSat, les chotts et les sebkhats.

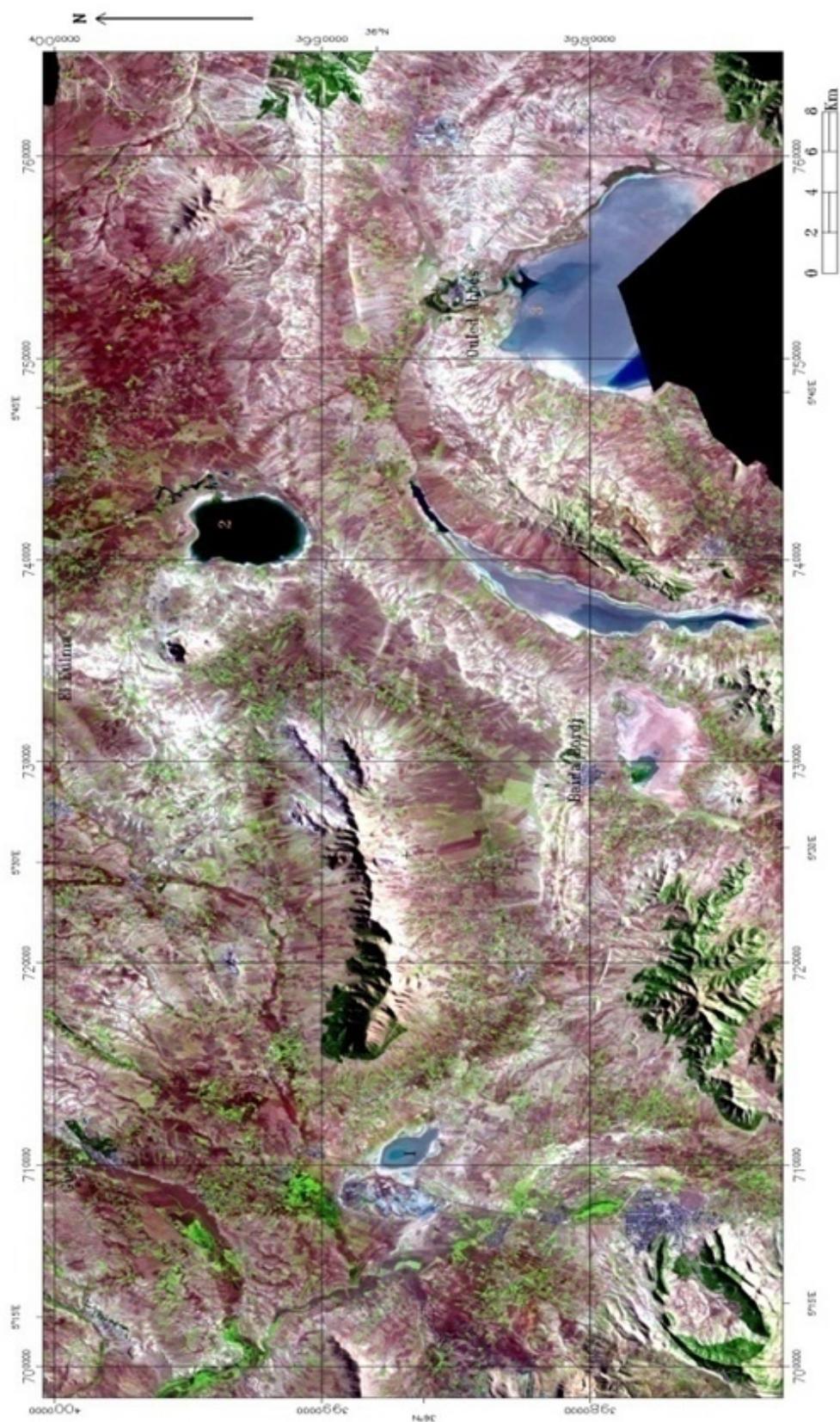


FIGURE 4.21 – Répartition spatial des chotts et sebkhat dans les plaines sétifiennes (2017)

### 4.1.3 Enquête

Les enquêtes menées auprès des agriculteurs visant principalement la question relative au changement du climat. Les 100 personnes enquêtées sont soumises à quatre questions à savoir (Annexe 3 : présentation du questionnaire)

1. Que veut dire les changements climatiques ?
2. Comment il se manifeste ce changement ?
3. Depuis quand ?
4. Quelles sont vos réactions et adaptation envers ces changements ?

#### Information sur les enquêtées

La plupart des personnes questionnées sont de sexe masculin. Leur niveau d'instruction est supérieur au cycle moyen pour le plus grand nombre. La grande majorité a une formation en agronomie (techniciens et ingénieurs). La principale activité exercée est l'agriculture. Plusieurs, en majorité des concessionnaires, l'exercent depuis plus de vingt (20) ans. Par conséquent les changements climatiques constituent une préoccupation majeure des agriculteurs notamment pour ceux qui pratique une agriculture en sec (sans irrigation) (fig 4.22)

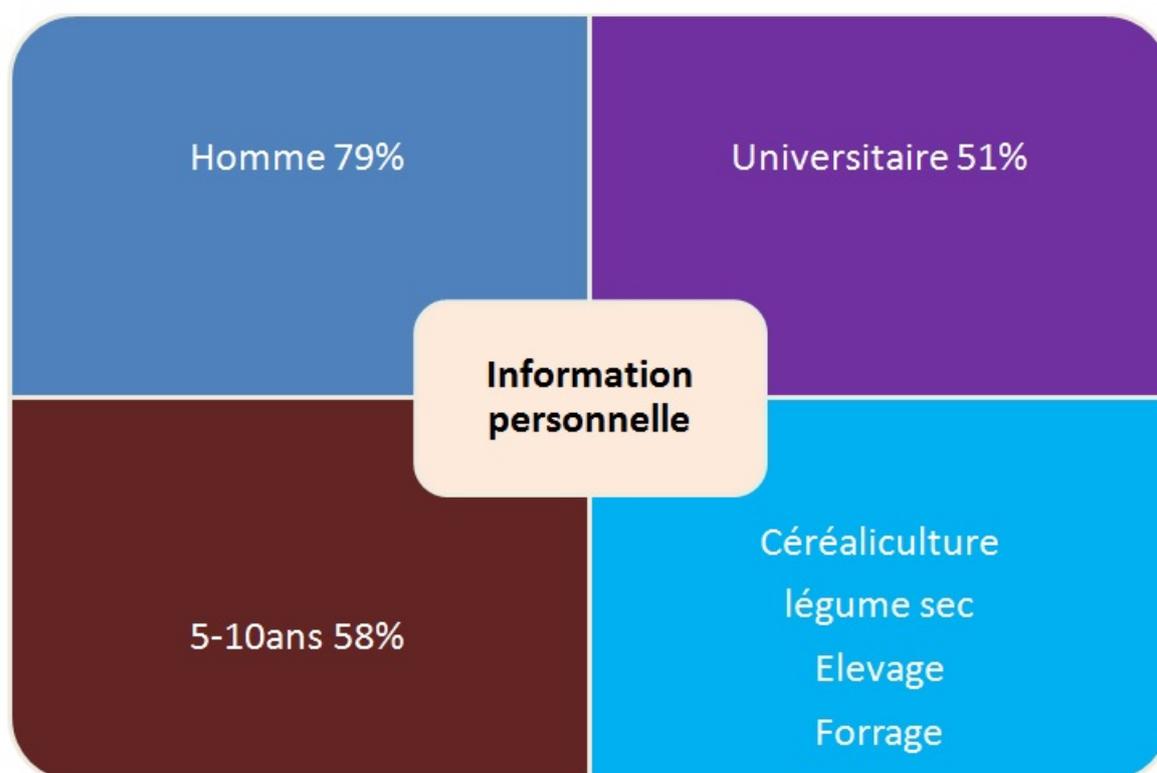


FIGURE 4.22 – Information sur les enquêtées

La vocation des terres utilisées par ces enquêtés est répartie comme suit : 48 % terre appartenant à l'état. 49% terre public et 3% terre privé (fig 4.23).

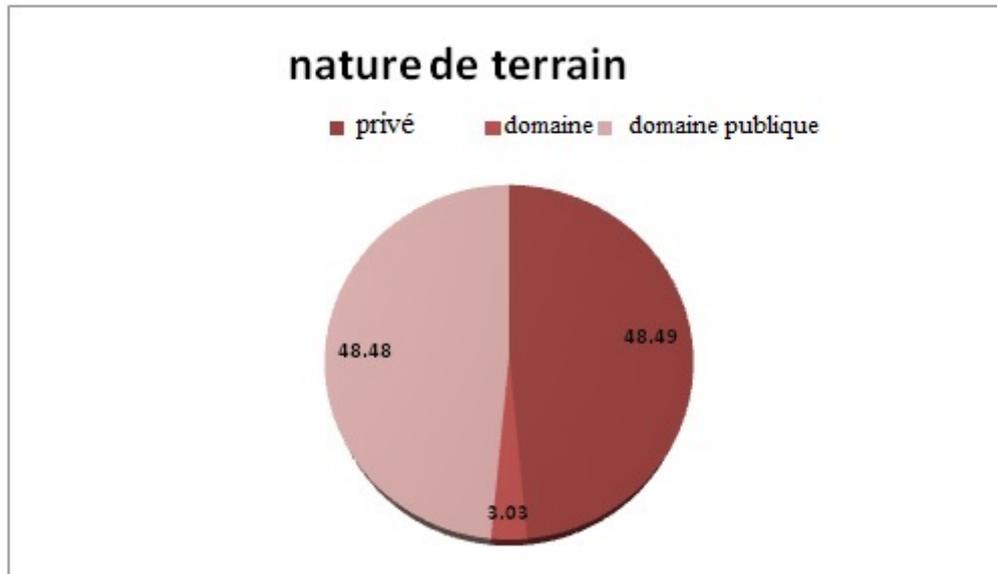


FIGURE 4.23 – Nature de terrain des enquêtés

Il y a une unanimité quant aux changements climatiques, qui remontent, pour la plupart, à plus d'une vingtaine d'année et se manifestent par une irrégularité des précipitations, une augmentation des températures et un décalage des saisons. Une grande majorité des personnes questionnées a déjà entendu parler des changements climatiques et dans leur esprit cela sous entend une augmentation des températures, l'irrégularité des précipitations, raccourcissement significatif de la durée de l'enneigement ainsi que la diminution de la quantité de neige et le décalage des saisons. Ce phénomène a des effets négatifs en perturbant les activités agricoles ainsi que le cycle biologique de la végétation. (fig 4.24).

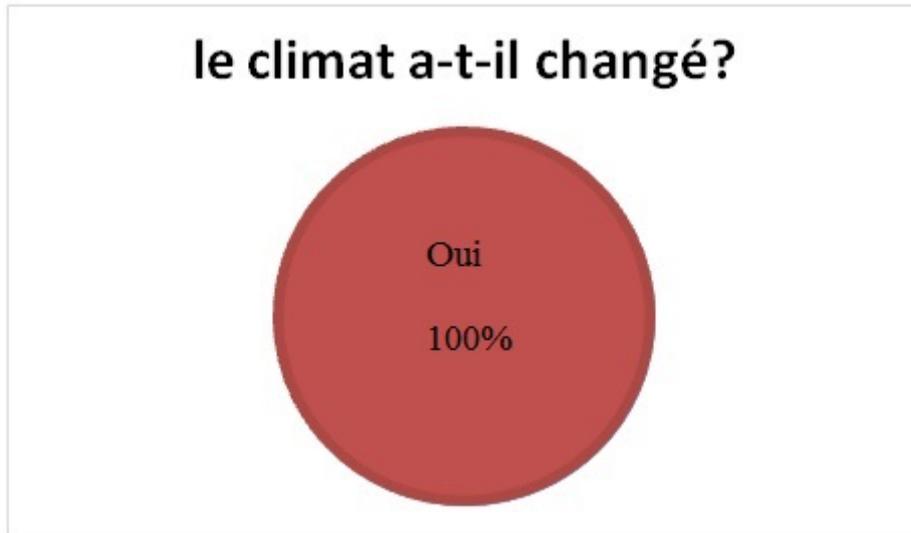


FIGURE 4.24 – Spectre des réponses sur le changement du climat

#### 4.1.4 Entretiens

Cette méthode rentre dans le cadre d’avoir des informations auprès des gestionnaires et quelques élus pour répondre aux questions suivantes :

1. Que veut dire les changements climatiques ?
2. Comment il se manifeste ce changement ?
3. Depuis quand ?
4. Quelles sont vos réactions et adaptation en vers ces changements ?

#### Les élus

Nous avons dirigés nos entretiens avec : des présidents de l’APC ; Ain Esebt, El Rasfa, Bir Haddeda, Ain Abesa le vice président de l’APC de Sétif. Les résultats de ces entretiens ont montrés que le changement climatique est apparu depuis une dizaine d’année, le changement se manifeste par : augmentation des températures, les pluies torrentielles, l’irrégularité, le taux d’humidité a augmenté. Et il y a des réponses dont on parle du décalage des saisons. Un été long chaud et sec, un hiver doux est court.

Les élus dans le sud de la wilaya disent que le changement climatique est apparu depuis 2004, avec une baisse importante du niveau de la nappe phréatique à cause de manque de précipitation.

En ce qui concerne les élus du nord de la wilaya disent que les précipitations ont diminuées considérablement, surtout dans les 6 à 8 dernières années. La question des mesures et d’adaptation vis-à-vis de ces perturbations, nous avons constaté que ces élus attendent

des aides de l'état, quelque modifications lors des interventions lors de la période estivale où on enregistre des pluies torrentielles, les élus doivent prendre en charge de la protection des villes, contre les inondations (personnels et moyens durant cette période seront indispensables). La cause de ces changements climatiques est, pour certains d'ordre naturel (ou divine) pour d'autres l'homme en est responsable

La direction des services agricoles (DSA) : Cette structure a pour mission d'aide et d'accompagnement des agriculteurs, de toutes filières confondues. Nous eu des donnée des différentes productions (2010-2016) (fig 4.25).

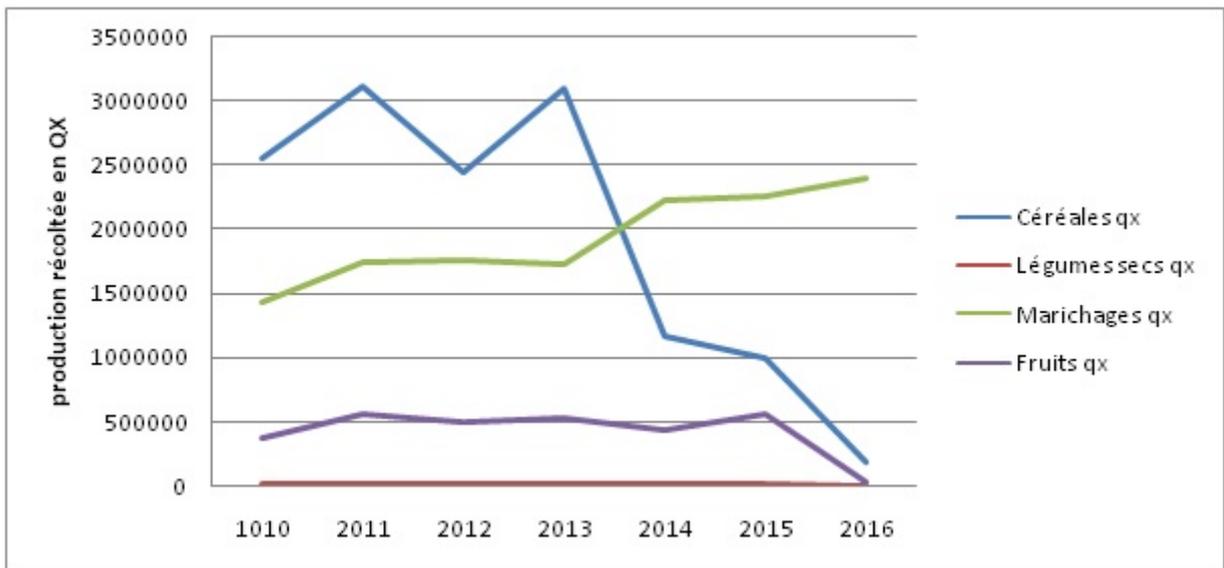


FIGURE 4.25 – Rendements annuel de la production végétale, Sétif (DSA, 2017)

La diminution des rendements des céréales est traduit par la diminution des précipitations, puisque les agriculteurs se base sur les précipitations, on n'irrigue pas les champs des céréales. Le maraichage depuis l'année 2013 a connu une augmentation des rendements, puisque l'agriculteur à diversifier sont revenu. Concernant l'arboriculture, nous remarquons une diminution des rendements pour la même cause, le manque des précipitations.

La DSA nous a fournis des données de la production du miel et la viande rouge durant la même période, la figure n°40 représente l'évolution de la production issue des trois autres filières, la viande rouge, le miel et le lait.

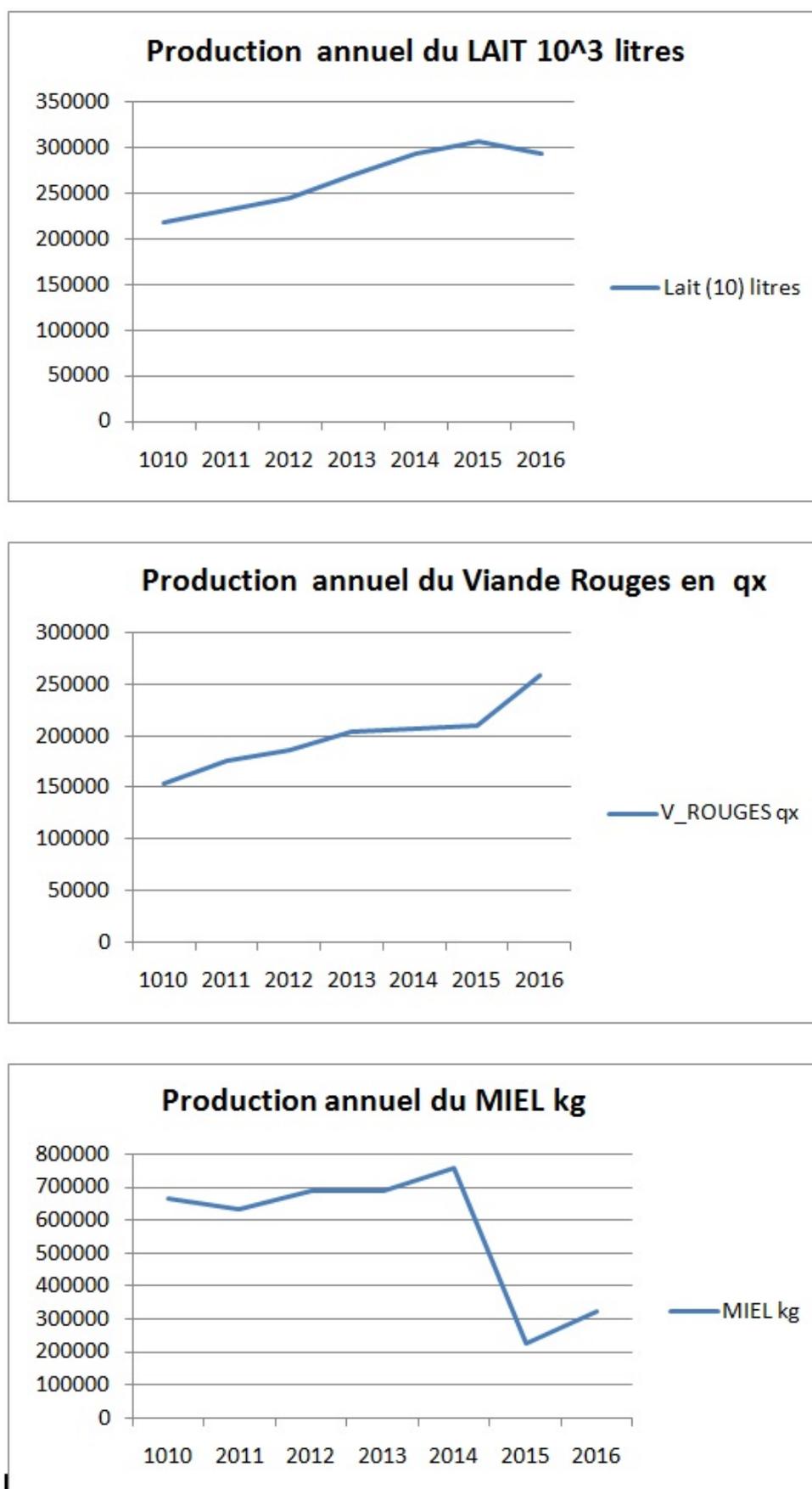


FIGURE 4.26 – Production du miel, lait et la viande rouge, Sétif (DSA, 2017)

La viande rouge et le lait ne dispose pas des facteurs climatique, mais c'est l'état qui encourage les éleveurs par son soutiens et aide. Par contre la production du miel dépend des facteurs climatiques. La variation des précipitations entrainera des perturbations sur les rendements de cette filière. Les abeilles sont moins actives lors des précipitations.

L'entretien avec cette structure nous a permis de dégager un certain nombre d'information concernant la question vis-à-vis du changement climatique. Le climat de la wilaya à changé depuis les années 2010, il se manifeste par une augmentation des températures surtout en été, diminution des précipitations, et l'humidité a aussi augmentée considérablement.

La Direction des Ressources Halieutiques : Ce sont les mêmes réponses vis à vie du climat. Une stratégie développée pour la récupération de l'eau, un approvisionnement en matière poisson. La technique d'utilisée l'eau dans les retenues collinaire comme étend un milieu d'élevage des poissons, et en temps pour irrigation. C'est une satisfaction socioéconomique, car l'eau devenait riche en matière organique, et l'opportunité d'avoir les poissons des eaux continentaux. C'est une stratégie qui est entraine de développée dans les wilayas de l'intérieures.

La Conservation des forêts Sétif : Représentée par les circonscriptions à savoir, Bougâa, Ain El Kabira et Ain Oulmène, ces instances sont soumises aux questions au paravent ; les réponses de la question vis-à-vis du climat et comment il se manifeste, les chefs de circonscriptions ont dit que le climat a changé, et il se manifeste par, manque et l'irrégularité des précipitations, tendance à l'augmentation des températures surtout la température de l'hiver. Leurs stratégies face au déficit de ce changement, c'est que le choix des essences forestières pour les reboisements se fera on fonction des essences adapté au stress.

L'Institut Technique des Grandes Culturels (ITGC) : Cette instance technique s'engage pour la production des céréales. Le directeur et un ingénieur sont soumis aux questions relatives au changement climatique qui connaît notre région. Les réponses annoncées par ces deux chercheurs dans cette station, c'est que le changement climatique fus apparaitre depuis l'année 2008, on parle de stress thermique et le stress hydrique. Parmi la stratégie face au défi du changement climatique, deux approches principales :

Premièrement la création variétale, c'est-à-dire crée des semences adaptées à ces conditions, deuxièmement le changement de l'itinéraire technique, dans les champs d'exploitations agricoles. Ici les personne responsable dans cette instance donnent des formations au prés des agriculteurs, pour vulgariser l'importance de l'itinéraire technique, et la date de semis. Avant le date de semis états Octobre, maintenant on peut décaler la date de semis a partir du mois de Décembre.

L'Institut National des Recherches Agronomique (INRA) : Dans cet institut, nous avons entretenu le directeur et un vétérinaire, sur les mêmes questions vis-à-vis du climat. Nous avons constatés que le climat à changé, et se manifeste par manque des précipitations, et

augmentation des températures, Parmi la stratégie que cette instance s'engage c'est la création variétale, notamment les variétés adaptées a ce type de climat. A signaler lors de cette séance d'entretiens nous avons entretenu un vétérinaire, sur ces aspects, les réponses qu'il y a le changement climatique, une hypothèse, que ce vétérinaire nous a communiquée, du fait que le comportement des cheptels, vas à vis du climat c'est la perte de la laine. Peut être à cause des températures élevées.

Président de la chambre du l'agriculture : Le président de la chambre de l'agriculture est un élu issu de l'assemblée des agriculteurs. Les mêmes questions sont adressées, les réponses étais différentes, car il nous a dit que depuis les années quatre vingt dix ont parlais de la question des changements climatiques. La stratégie adopté par cette structure c'est beaucoup plus la sensibilisation auprès des agriculteurs, l'organisation des journées de formation sur les variétés nouvellement créés, l'assurance contre les aléas du climat.

## 4.2 Analyse climatique

Dans le but d'obtenir une vue d'ensemble inédite du régime pluviométrique et thermique des écosystèmes et leur relation avec la période plus importante des changements d'occupation du sol dans la région, il a été réalisé des tests statistiques d'homogénéités (Pettitt, Test SNHT, Buishand et von Neumann) pour identifier des ruptures et le test de tendance (Mann-Kendall et pente de Sen) sur une série temporelle des données climatiques mensuelles et annuelles. (Annexe 1)

### 4.2.1 Analyse de la pluviométrie

La connaissance des fluctuations des précipitations et leur incidence sur la végétation est fondamentale pour la compréhension du fonctionnement des écosystèmes forestiers. Ces fluctuations peuvent altérer le climat de la forêt (Lean *et al*, 1996 ; Sheil et Murdiyarto, 2009 ; Dubreuil *et al* , 2012). Au cours de la période allant de 1982 à 2017, soit une durée de 36 ans, le cumul annuel des précipitations varie de 200,1 mm à 605,3 mm. Pour la période considérée la moyenne annuelle des précipitations est de 394,2 mm. La moyenne mensuelle la plus élevée est celle du mois de Mai, avec 44,35 mm, le mois de juillet étant le moins arrosé avec 10,6 mm. (Tab. 4.6)

Tableau 4.6 – Statistiques descriptives des données pluviométriques

Statistique	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Nb. Des observations	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Min [mm]	5.600	2.100	0.000	2.200	2.700	0.000	0.000	0.000	0.000	0.800	5.600	0.000
Max [mm]	130.700	105.400	102.000	89.200	101.500	72.700	44.300	35.300	120.000	103.800	100.100	133.000
Mediane	34.800	33.750	30.500	41.150	46.900	20.000	8.400	12.900	31.150	26.250	29.650	34.750
Moyenne [mm]	42.169	36.067	35.733	41.514	44.347	21.500	10.617	14.261	36.675	32.000	36.231	43.086
Variance	848.446	587.357	555.277	635.787	796.188	331.833	149.954	123.265	770.303	559.008	485.883	924.264
Ecart-type	29.128	24.235	23.564	25.215	28.217	18.216	12.246	11.102	27.754	23.643	22.043	30.402
Coefficient de variation	0.691	0.672	0.659	0.607	0.636	0.847	0.99	0.779	0.757	0.739	0.608	0.706

Il n'y a pas une grande différence entre le printemps et l'hiver. Le maximum principal s'observe en Mai, les autres mois les plus pluvieux sont décembre janvier et avril. Chute brutale des précipitations à partir du mois de juin.

Il y a une variabilité marquée. Les valeurs du coefficient varient entre 0.60 et 0.99 Les valeurs les plus élevées correspondent à la saison estivale, la moins arrosée.

Afin d'aider à comprendre la variabilité des précipitations, l'indice de précipitation normalisé a été utilisé. Les changements de l'indice SPI de 1982 à 2017. Nous avons constaté que l'année 2003 était extrêmement humide et l'année 1983 était extrêmement sèche. Les résultats trouvés par Beldjazia et Alatou (2016) sur la forêt du massif de Mahouna (Algérie) indiquent que l'année 2003 a connu un hiver très humide (fig 4.27).

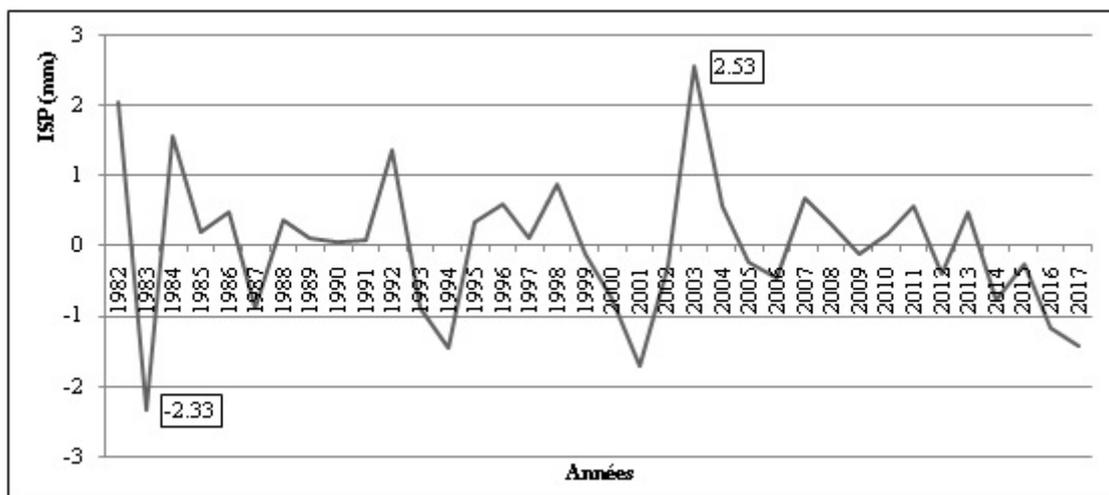


FIGURE 4.27 – Indice Standard des Précipitations (ISP)

Des statistiques descriptives sur les données ISP ont été utilisées pour détecter un déficit ou un excès de précipitations au cours de cette période (Tab 4.7).

Tableau 4.7 – Statistiques descriptives de l'Indice Standard des Précipitations (ISP)

Borne inférieure	Borne supérieure	Effective	Freq.	Densité
-3	-2.5	0	0.000	0.000
-2.5	-2	1	0.028	0.056
-2	-1.5	1	0.028	0.056
-1.5	-1	3	0.083	0.167
-1	-0.5	4	0.111	0.222
-0.5	0	7	0.194	0.389
0	0.5	11	0.306	0.611
0.5	1	5	0.139	0.278
1	1.5	1	0.028	0.056
1.5	2	1	0.028	0.056
2	2.5	1	0.028	0.056
2.5	3	1	0.028	0.056

La catégorie des valeurs ISP pour les périodes humides, normales et sèches, il était plus courant d'avoir des années plus pluvieuses avant l'année 2003, qu'au cours de la dernière décennie. Les valeurs extrêmement négatives de l'ISP étaient plus fréquentes sous l'effet de manque des précipitations (fig 4.28).

Les écosystèmes montagnards reçoivent, le plus souvent, les précipitations sous forme de neige, notamment en hiver. L'enneigement est dû à l'altitude élevée et aux températures basses (Smithson *et al.*, 2008) et débute généralement en novembre et persiste jusqu'au mois de mai.

Les effets de la neige sur le sol et la végétation sont majoritairement positifs. En fondant, la neige alimente les eaux de ruissellement et les sols en eau douce, nourrissant ainsi les plantes et contribuant aux flux de nutriments et au cycle biogéochimique. (Jones *et al.*, 2001 ; Wang *et al.*, 2015). Quant à l'enneigement, L'absence de stations météorologiques et la rareté des données concernant cet élément du climat rend son analyse et son interprétation délicate. Nous ne disposons que des données sur le nombre de jours de neige par mois. Celles relatives à l'épaisseur de la couche de neige et la durée de l'enneigement (persistance de la neige sur le sol) sont inexistantes. Le nombre de jours de neige varie d'une année à l'autre. Au cours des deux dernières décennies cette variabilité n'est pas significative ; ( $R^2 = 0,044$ ) (Fig. 4.26). Les études récentes n'ont signalé aucun changement substantiel dans la dynamique de la couverture neigeuse. Les recherches de Legdou (2008) à Ifrane pour la période de 1958 à 2006 ont révélé une diminution légèrement significative de l'épaisseur de la neige, tandis que Marchane *et al.* (2015) n'a détecté aucun changement significatif à long terme entre

2000 et 2013.

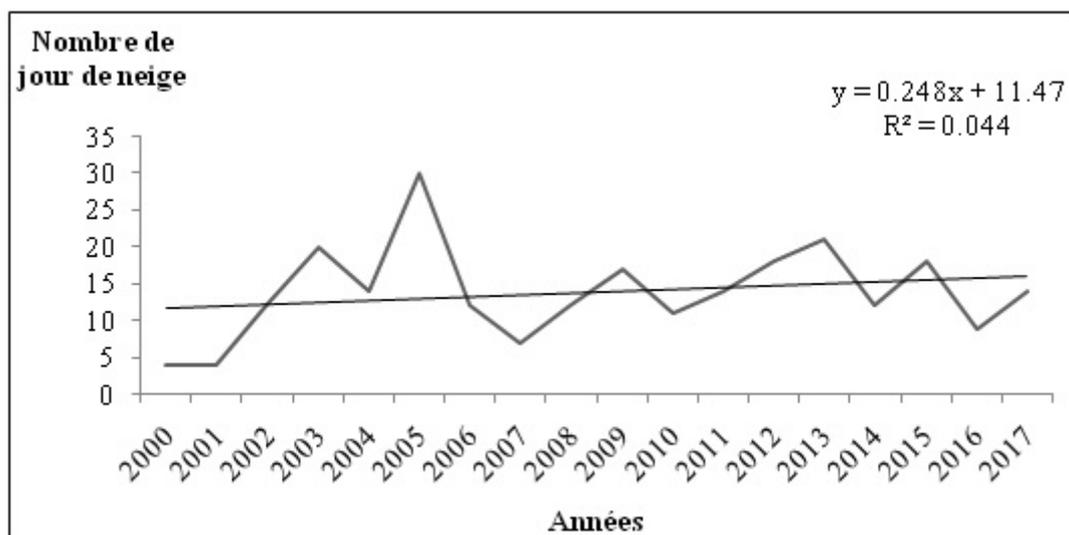


FIGURE 4.28 – Nombre de jour de neige

Les tests de l'identification des ruptures sur des séries pluviométriques mensuelles et annuelles présentaient des ruptures négatives avec une baisse des pluies après la date de la rupture pour le mois de Décembre et Septembre (Tab 4.8).

Tableau 4.8 – Comparaison des résultats des tests d'homogénéité des précipitations.

Mois	Pettitt	Test SNHT	Buishand	von Neumann
Jan	0,760	0,701	0,752	0,894
Fev	0,849	0,811	0,541	0,847
Mar	0,386	0,747	0,465	0,299
Avr	0,206	0,196	0,235	0,160
Mai	0,230	0,359	0,195	0,963
Jun	0,950	0,500	0,899	0,422
Jul	0,168	0,621	0,259	0,506
Aou	0,681	0,638	0,703	0,208
Sep	0,117	0,268	0,133	0,004
Oct	0,391	0,391	0,295	0,932
Nov	0,698	0,995	0,669	0,775
Dec	0,038	0,215	0,064	0,598
Annuel	0,298	0,395	0,373	0,629

Valeurs en gras sont significatives à un seuil  $\alpha=0,05$

Il y a une rupture à partir de 2007. Baisse du cumul pluviométrique annuel jusqu'en 2017 (fig. 4.29)

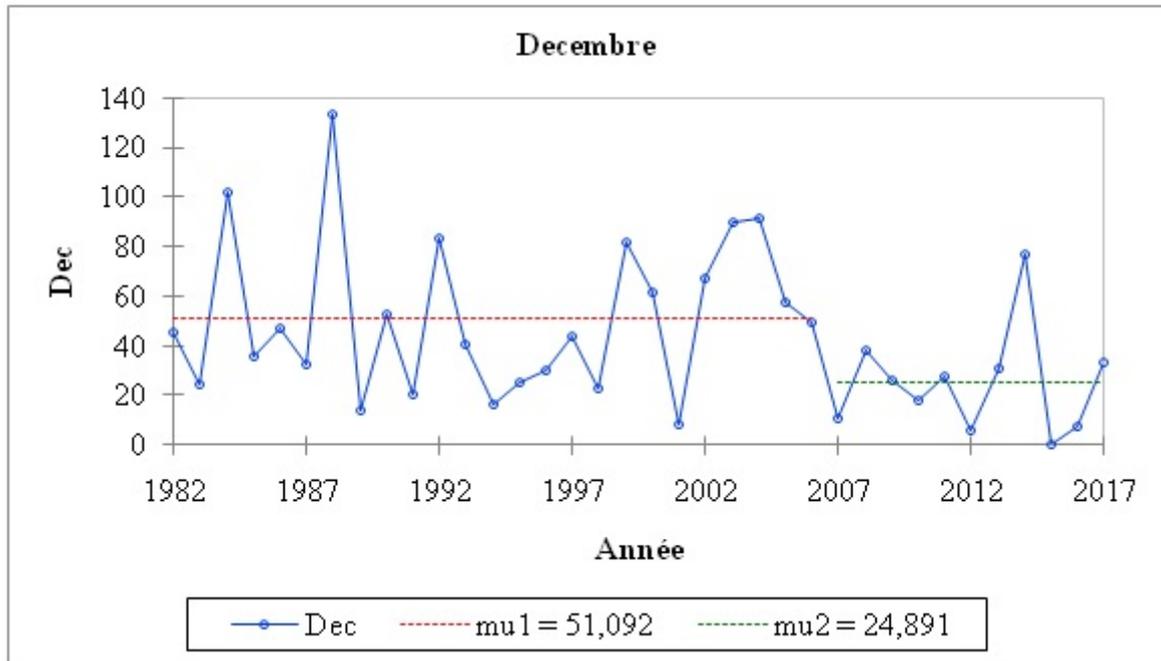


FIGURE 4.29 – Test d'homogénéité de la pluviométrie (mu1 : 1ère période, mu2 : 2ème période)

Le test de Mann-Kendall est normalement utilisé parallèlement à un test non paramétrique (Pente de sen) pour déterminer si une tendance est identifiable au sein d'une série temporelle. Le test a été réalisé sur la station de deux façons : d'abord sur la séries historique des totaux pluviométriques annuels et ensuite avec les séries mensuelles pour la station (Tab. 4.9).

Tableau 4.9 – Test de tendance de Mann Kendall et Pente de Sen des cumuls pluviométriques mensuel et annuel

Série Test	Tau de Kendall	p-value	Pente de Sen
Jan	0,056	0,678	0,241
Fev	0,095	0,832	0,216
Mar	-0,003	0,495	-0,020
Avr	0,003	0,507	0,015
Mai	-0,063	0,171	-0,285
Jun	0,097	0,858	0,192
Jul	-0,122	0,153	-0,096
Aou	0,099	0,797	0,144
Sep	-0,017	0,446	-0,066
Oct	-0,105	0,188	-0,302
Nov	0,006	0,516	0,011
Dec	-0,178	0,065	-0,643
Annuel	-0,181	0,062	-1,988

*Valeurs en gras sont significatives à un seuil  $\alpha=0,05$*

Les valeurs issues de la station météorologique ne présentent pas de tendances significatives avec le test Mann-Kendall que se soit annuel ou mensuel. Néanmoins, deux mois représentent des ruptures/tendances négatives par test de Pettit et Von Neuman.

## 4.2.2 Analyse de la température

### 4.2.2.1 Température moyenne mensuelle

Durant la période considérée, la moyenne mensuelle des températures oscille entre 5,12 °C, pour le mois de janvier et 26,2 °C pour juillet (Tab 4.10).

Tableau 4.10 – Statistiques descriptives des valeurs de la température mensuelle

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Jan	36	0	36	2,600	7,100	5,128	1,175
Fev	36	0	36	1,600	10,400	6,003	1,958
Mar	36	0	36	6,100	13,300	8,728	1,445
Avr	36	0	36	8,800	14,600	11,856	1,490
Mai	36	0	36	12,100	21,000	16,736	2,129
Jun	36	0	36	18,300	25,500	22,242	1,728
Jul	36	0	36	22,800	27,900	26,211	1,171
Aou	36	0	36	23,500	28,600	25,619	1,256
Sep	36	0	36	18,100	23,400	20,539	1,152
Oct	36	0	36	12,500	19,900	15,750	1,681
Nov	36	0	36	7,900	11,700	9,739	1,009
Dec	36	0	36	3,700	9,400	5,972	1,318

### Test d'homogénéité de la série temporelle

Les tests de l'identification d'homogénéité de la série des températures moyenne mensuelles présentaient deux ruptures positives avec une augmentation significative de la température de l'ordre 0.005 °C pour le mois de Mars, et de 0.02 °C pour le mois d'Avril. (Tab 4.11).

Tableau 4.11 – Tests d'homogénéité de la température moyenne mensuelle

Mois	Pettitt	Test SNHT	Buishand	von Neumann
Jan	0,682	0,604	0,652	0,390
Fev	0,343	0,839	0,298	0,815
Mar	0,735	0,092	0,697	<b>0,005*</b>
Avr	0,897	<b>0,027*</b>	0,893	<b>0,017*</b>
Mai	0,970	0,297	0,964	0,378
Jun	0,732	0,476	0,837	0,545
Jul	0,325	0,353	0,341	0,428
Aou	0,848	0,870	0,727	0,593
Sep	0,207	0,639	0,203	0,150
Oct	0,947	0,326	0,935	0,392
Nov	0,160	0,712	0,194	0,813
Dec	0,438	0,779	0,392	0,941

Valeurs en gras sont significatives à un seuil  $\alpha=0,05$

Nous constatons une rupture, de l'ordre de 0,02 °C pour le mois d'avril depuis 1997. L'augmentation du cumul thermique s'est poursuivie jusqu'en 2017. (fig 4.30).

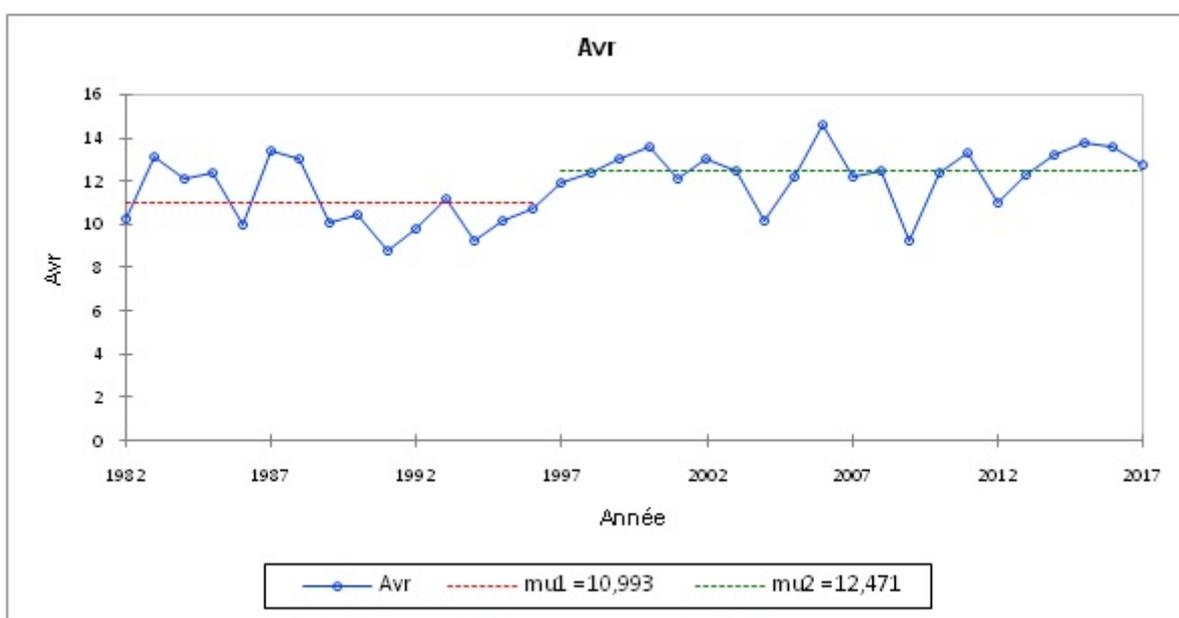


FIGURE 4.30 – Variabilité de la température moyenne mensuelle du mois d'Avril ( $\mu_1$  : 1ère période,  $\mu_2$  : 2ème période)

### Test de tendance de Mann Kendall et la pente de Sen

La même série a été soumise au test de Mann-Kendall. Le test a été réalisé sur la série des moyennes thermiques nous constatons une augmentation de 0,05°C pour le mois d'Avril (Tab 4.12).

Tableau 4.12 – Test de tendance de Mann Kendall et Pente de Sen des moyennes thermiques mensuel

Série Test	Tau de Kendall	p-value	Pente de Sen
Jan	-0,016	0,902	0,000
Fev	-0,067	0,521	-0,022
Mar	0,157	0,186	0,032
Avr	0,279	<b>0,003*</b>	0,055
Mai	0,171	0,149	0,054
Jun	0,030	0,806	0,006
Jul	0,052	0,672	0,006
Aou	0,051	0,539	0,010
Sep	-0,071	0,098	-0,009
Oct	0,139	0,241	0,034
Nov	-0,130	0,275	-0,015
Dec	0,002	1,000	0,000
moy	0,117	0,320	0,011

*Valeurs en gras sont significatives à un seuil alpha=0,05*

#### 4.2.2.2 Température moyenne minimale

Les températures moyennes minimales mensuelles ont été soumises aux mêmes tests statistiques. La valeur la plus faible est enregistrée en Février, avec -3.1°C et la plus grande valeur est enregistrée en de Juillet avec 16°C. (Tab 4.13).

Tableau 4.13 – Statistiques descriptives des valeurs de la température minimale mensuelle

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Jan	37	0	37	-1,400	3,800	1,368	1,365
Fev	37	0	37	-3,100	5,200	1,838	1,664
Mar	37	0	37	2,000	8,300	4,178	1,413
Avr	37	0	37	4,100	9,800	6,743	1,309
Mai	37	0	37	6,300	15,000	10,970	1,953
Jun	37	0	37	11,200	18,400	15,800	1,767
Jul	37	0	37	16,200	21,900	19,314	1,444
Aou	37	0	37	15,400	22,600	19,238	1,410
Sep	37	0	37	12,800	17,900	15,243	1,087
Oct	37	0	37	8,500	14,800	11,241	1,498
Nov	37	0	37	3,600	11,300	6,076	1,332
Dec	37	0	37	-0,100	5,600	2,515	1,428
moy	37	0	37	7,600	10,800	9,544	0,821

### Test d'homogénéité de la série temporelle

Les tests de l'identification d'homogénéité de la série des températures minimales mensuelles présentaient des ruptures positives avec une augmentation significative de la température minimale du mois de Décembre de l'ordre 0.012 °C et 0.04 °C. (Tab 4.14)

Tableau 4.14 – Tests d'homogénéité de la température minimale mensuelle

Mois	Pettitt	Test SNHT	Buishand	von Neumann
Jan	0,091	<b>0,027</b>	0,063	0,237
Fev	0,129	0,092	0,052	0,321
Mar	0,077	0,118	0,092	<b>0,002</b>
Avr	0,599	0,169	0,641	<b>0,020</b>
Mai	0,141	0,536	0,225	0,112
Jun	0,163	0,234	0,189	0,089
Jul	0,081	0,089	0,110	<b>0,024</b>
Aou	0,206	0,125	0,117	0,053
Sep	0,138	0,351	0,197	0,191
Oct	0,431	0,684	0,389	0,486
Nov	0,107	0,162	0,114	0,499
Dec	0,063	<b>0,012</b>	<b>0,038</b>	0,435
moy	<b>0,019</b>	<b>0,000</b>	<b>0,005</b>	<b>&lt; 0,0001</b>

*Valeurs en gras sont significatives à un seuil  $\alpha=0,05$*

La figure 4.31 présente la rupture des valeurs de la température minimale mensuelle.

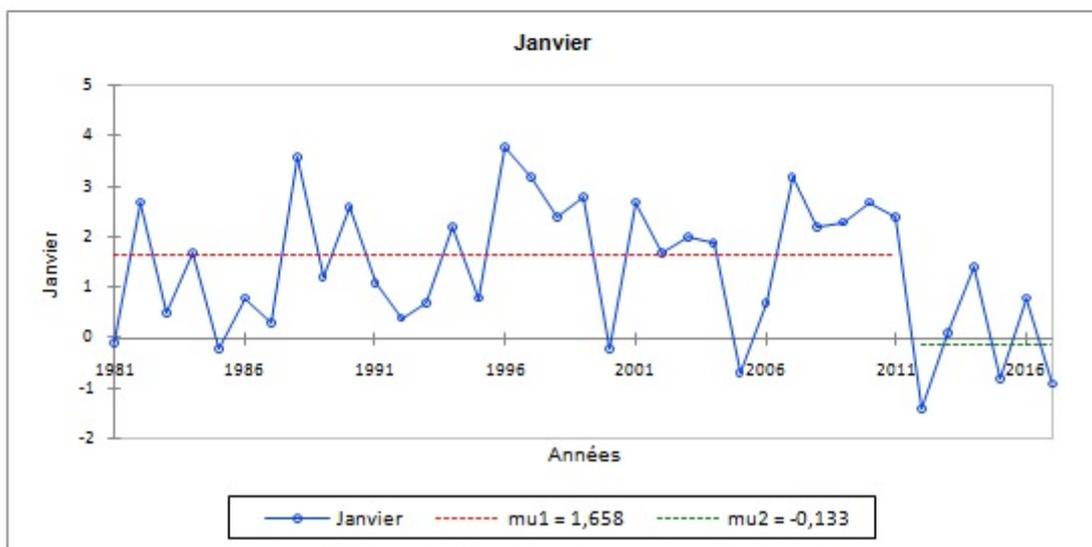
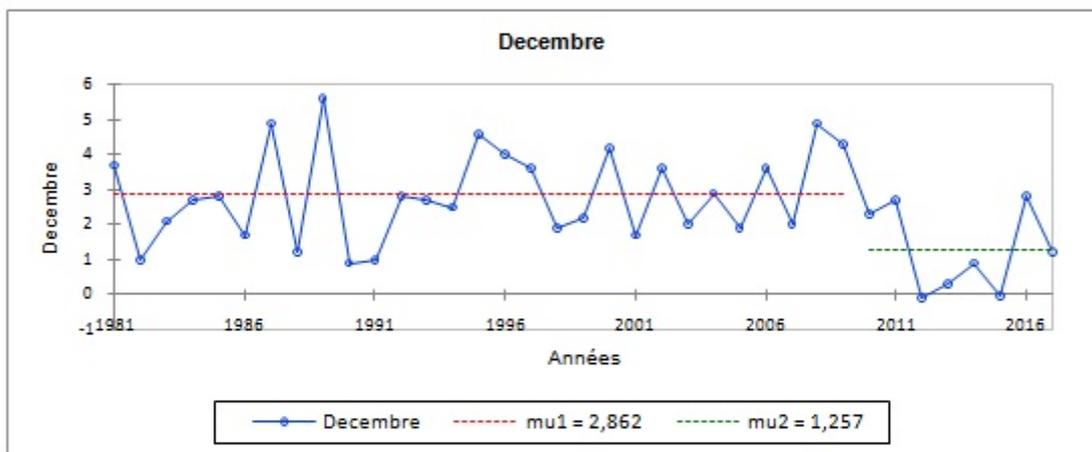
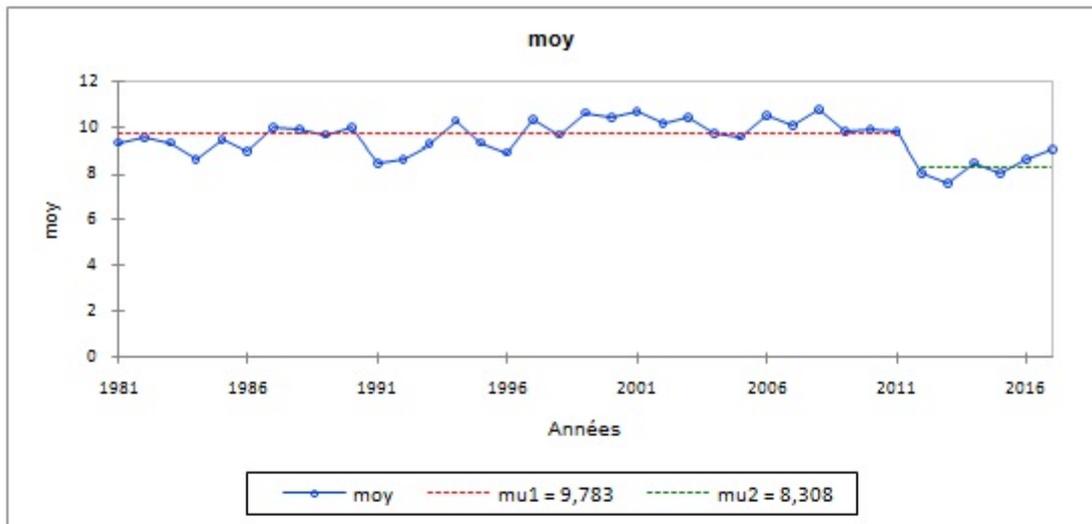


FIGURE 4.31 – Test d’homogénéité de la température minimale mensuelle (mu1 : 1ère période, mu2 : 2ème période)

### Test de tendance de Mann Kendall et pente de Sen

Le test de Mann-Kendall. Le test a été réalisé sur la série des températures minimales mensuelles. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans le mois d'avril et le mois d'octobre au seuil de signification 95%, de l'ordre 0.8 et 0.53 respectivement. (Tab 4.15).

Tableau 4.15 – Test de tendance de Mann Kendall et Pente de Sen des températures minimales

Série Test	Tau de Kendall	p-value	Pente de Sen
Jan	-0,061	0,294	-0,014
Fev	-0,142	0,114	-0,026
Mar	-0,011	0,477	0,000
Avr	0,109	0,824	0,020
Mai	0,009	0,526	0,002
Jun	-0,040	0,356	-0,004
Jul	-0,035	0,387	-0,005
Aou	0,000	0,500	0,000
Sep	-0,141	0,063	-0,019
Oct	0,012	0,529	0,002
Nov	-0,166	0,079	-0,025
Dec	-0,128	0,128	-0,031
moy	0,021	0,542	0,002

*Valeurs en gras sont significatives à un seuil alpha=0,05*

#### 4.2.2.3 Température moyenne maximale

Les valeurs de la température moyenne maximale se trouve dans un intervalle de 24 C°, allant de 10 C° jusqu'au 34 C° durant 36 ans. (Tab 4.16).

Tableau 4.16 – Statistiques descriptives des valeurs de la température maximale

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Jan	36	0	36	6,500	13,600	9,900	1,601
Fev	36	0	36	6,800	17,200	11,133	2,631
Mar	36	0	36	10,600	18,900	14,300	1,840
Avr	36	0	36	13,700	21,400	17,794	2,009
Mai	36	0	36	18,500	28,000	23,328	2,676
Jun	36	0	36	25,100	34,600	29,589	1,972
Jul	36	0	36	30,100	36,400	33,850	1,384
Aou	36	0	36	30,600	37,100	33,172	1,455
Sep	36	0	36	24,800	31,100	27,344	1,415
Oct	36	0	36	17,000	27,300	21,739	2,321
Nov	36	0	36	12,500	20,000	14,950	1,681
Dec	36	0	36	7,000	14,500	10,625	1,802
moy	36	0	36	18,900	22,167	20,644	0,863

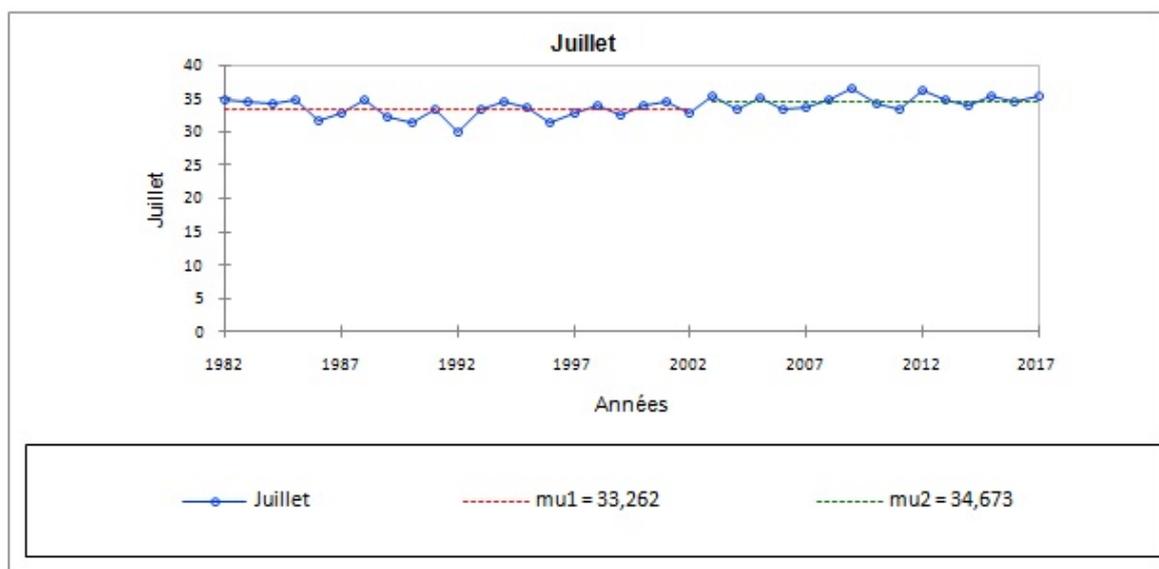
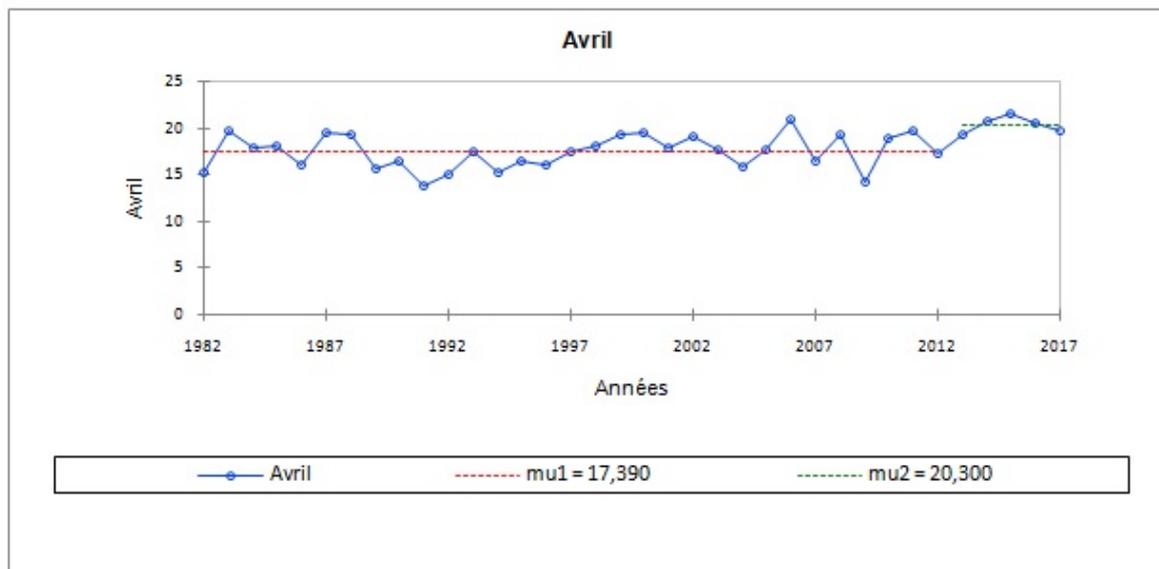
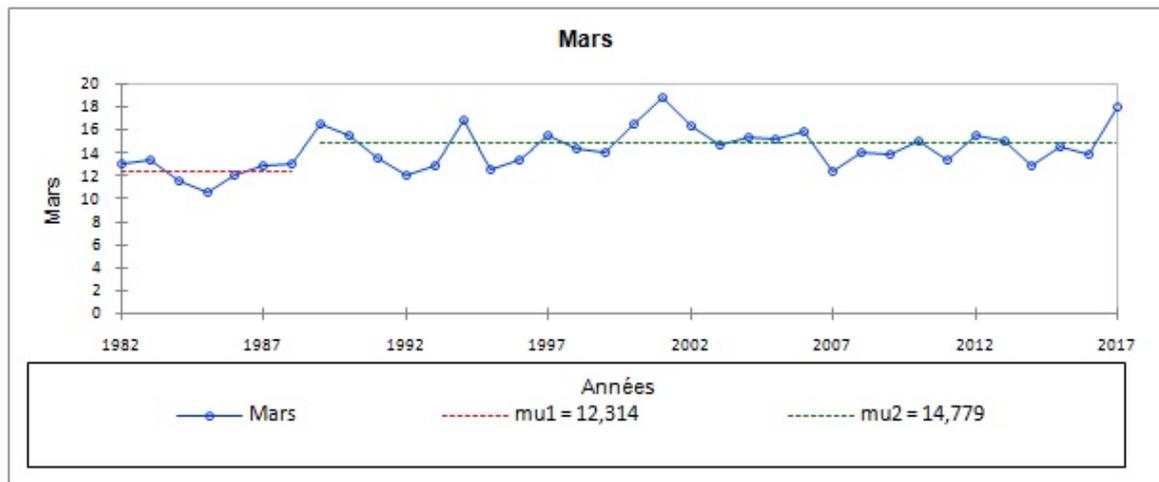
### Test d'homogénéité de la série temporelle

Les tests de l'identification d'homogénéité de la série des températures maximales mensuelles présentaient des ruptures positives avec une augmentation significative de la température maximales du mois de Mars de l'ordre 0.012 °C et 0.04 °C du mois d'Avril (Tab 4.17).

Tableau 4.17 – Comparaison des résultats des tests d'homogénéité de la température maximale

Mois	Pettitt	Test SNHT	Buishand	von Neumann
Jan	0,794	0,113	0,811	0,513
Fev	0,612	0,759	0,603	0,962
Mar	0,969	<b>0,012</b>	0,998	<b>0,005</b>
Avr	0,929	<b>0,020</b>	0,938	<b>0,030</b>
Mai	0,973	0,101	0,965	0,354
Jun	0,948	0,174	0,922	0,705
Jul	0,622	<b>0,032</b>	0,674	0,110
Aou	0,973	0,134	0,963	0,268
Sep	0,577	0,067	0,423	0,067
Oct	0,972	<b>0,037</b>	0,967	0,138
Nov	0,970	0,114	0,958	0,420
Dec	0,927	0,338	0,910	0,661
moy	0,971	<b>0,000</b>	0,966	<b>0,002</b>

L'évolution des ruptures des températures maximales dans cette série, qui explique la tendance vers une augmentation des températures maximales surtout du mois de Mars à partir de l'année 1989. Le mois avril a subi une augmentation à partir de l'année 2013 ; la rupture enregistrée dans le mois de Juillet est observée depuis l'année 2003. La rupture du mois d'Octobre enregistrée une augmentation des températures depuis l'année 2001 (fig fig 4.32). En ce qui concerne la moyenne des maximales des températures enregistrées dans cette série, la rupture est observée à partir de l'année 2012.



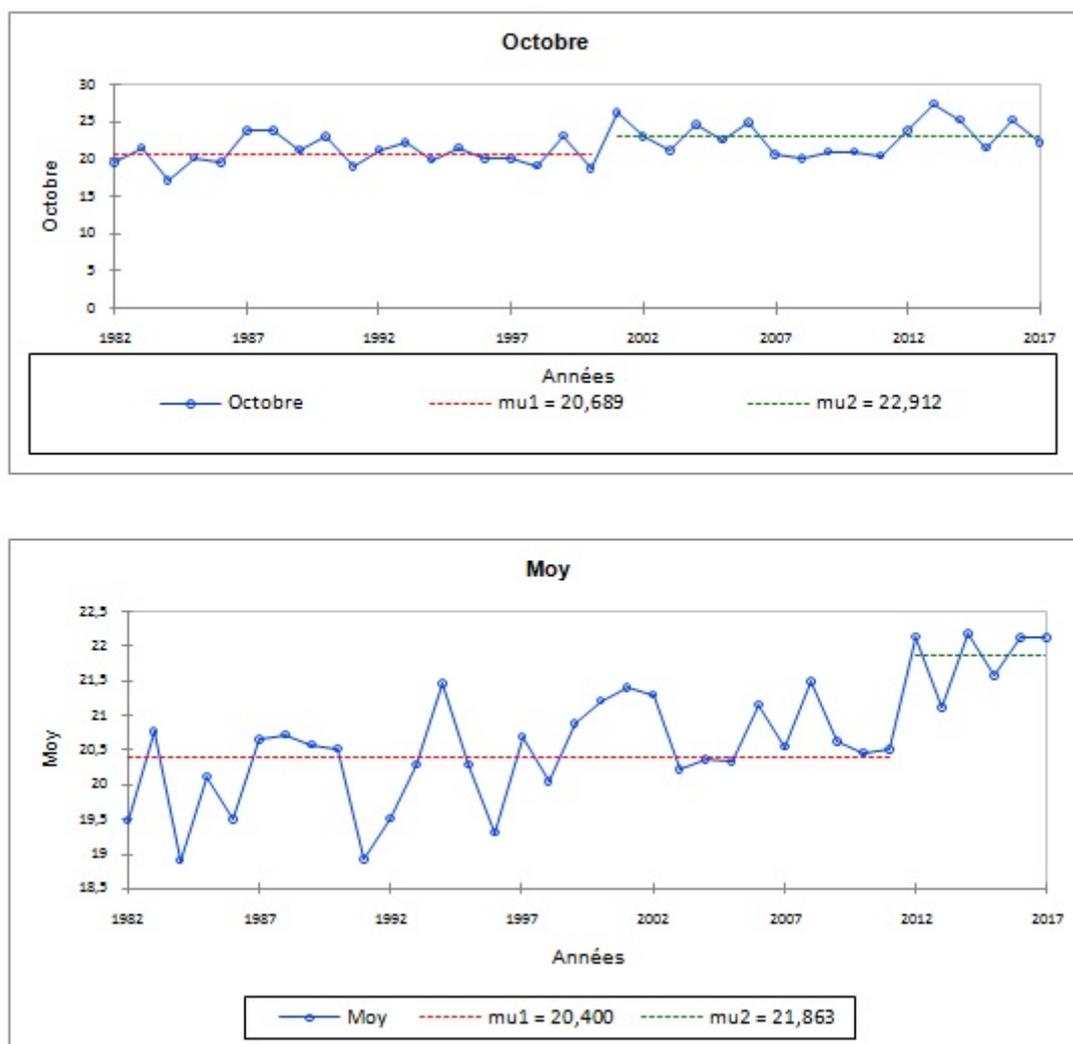


FIGURE 4.32 – Test d’homogénéité de la température moyenne et maximale (mu1 : 1ère période, mu2 : 2ème période)

### Test de tendance de Mann Kendall et pente de Sen

Le test de Mann-Kendall a été réalisé sur la série des valeurs maximales de la température pour la station (Tab 4.18). La rupture est observée à partir du mois Mars jusqu’au mois de Mai donc on peut dire que le printemps présente une augmentation de la température depuis 2012. Et la deuxième rupture importante d’où une augmentation des températures maximales durant le mois d’Octobre depuis l’année 2001 on peut dire que l’automne est devenu doux.

Tableau 4.18 – Test de tendance de Mann Kendall et Pente de Sen des températures moyennes maximales

Série Test	Tau de Kendall	p-value	Pente de Sen
Jan	0,167	0,160	0,042
Fev	-0,002	1,000	0,000
Mar	0,251	<b>0,033*</b>	0,068
Avr	0,313	<b>0,008*</b>	0,100
Mai	0,255	<b>0,002*</b>	0,100
Jun	0,157	0,186	0,040
Jul	0,280	<b>0,018*</b>	0,055
Aou	0,251	<b>0,033*</b>	0,044
Sep	0,106	0,491	0,022
Oct	0,264	<b>0,025*</b>	0,080
Nov	0,194	0,102	0,041
Dec	0,216	0,068	0,054
moy	0,443	<b>&lt; 0,0001*</b>	0,054

Valeurs en gras sont significatives à un seuil  $\alpha=0,05$

## Conclusion

Les formations végétales ne sont pas réparties au hasard sur le globe, mais chacune se développe dans un territoire que l'on appelle aire de répartition et dont la situation et les limites dépendent de sa biologie. A divers climats correspondent des flores différentes, comme à divers types de sols sous un même climat (Ozenda, 1982). Pour 105.000 espèces étudiées, un réchauffement de  $+1,5^{\circ}\text{C}$  entraînera une disparition de plus de la moitié des territoires pour 6% des insectes, 8% des plantes et 4% des vertébrés, avec des conséquences graves pour les écosystèmes (chute des rendements agricoles, extinction d'espèces, etc.). Si nous atteignons  $+2^{\circ}\text{C}$ , ces chiffres sont multipliés par 2 ou 3. À  $+2^{\circ}\text{C}$ , les barrières de corail seront détruites à plus de 99%, entraînant avec elles la disparition d'espèces marines (GIEC, 2013).

Dans le Sétifois se présente des écosystèmes différents, répartie a une amplitude climatique variée. Les différents tests statistiques appliqués à la série temporelle de 36 ans ont révélé des modifications dans la séquence des précipitations ainsi que dans celle des températures. Les ruptures sont bien individualisées sur les valeurs des températures. Les tests d'homogénéité des variables non homogène mensuelle de la température maximale et la moyenne nous a permis d'identifier que les valeurs des températures du printemps ont aug-

mentées depuis 19 ans avec une élévation de la température de l'ordre de  $0.05^{\circ}\text{C}$ . L'automne est précisément le mois d'Octobre qui a connu aussi une augmentation de la température et surtout la température maximale de  $0.08^{\circ}\text{C}$  à partir de l'année 2001, mais cette augmentation n'est pas de la même accentuation. Dans les années 2003 et 2013 le mois d'Octobre, les valeurs de températures maximales sont devenues de plus en plus importantes, d'où la saison de l'automne tend vers une saison courte, Cela est expliqué auprès des agriculteurs interviewer pendant plusieurs années dans le contexte du changement climatique et illustré dans la partie précédente. La plupart des agriculteurs et quelques éleveurs ont répondu à des questions ; Depuis quand ressentes vous ce changement climatique ? Et la deuxième question ; Comment se manifeste ce changement ? Ces deux questions, et dans la majorité des enquêtés ont répondues qu'il y a un changement climatique depuis 10ans et il se manifeste par des automnes doux et courts, des printemps chauds. Les enquêtés disent qu'il y a un changement des saisons et on parle de deux saisons, hiver et été.

Pour cela nous avons conçu deux diagrammes ombrothermiques, de deux périodes avant et après 2010 (fig 4.33).

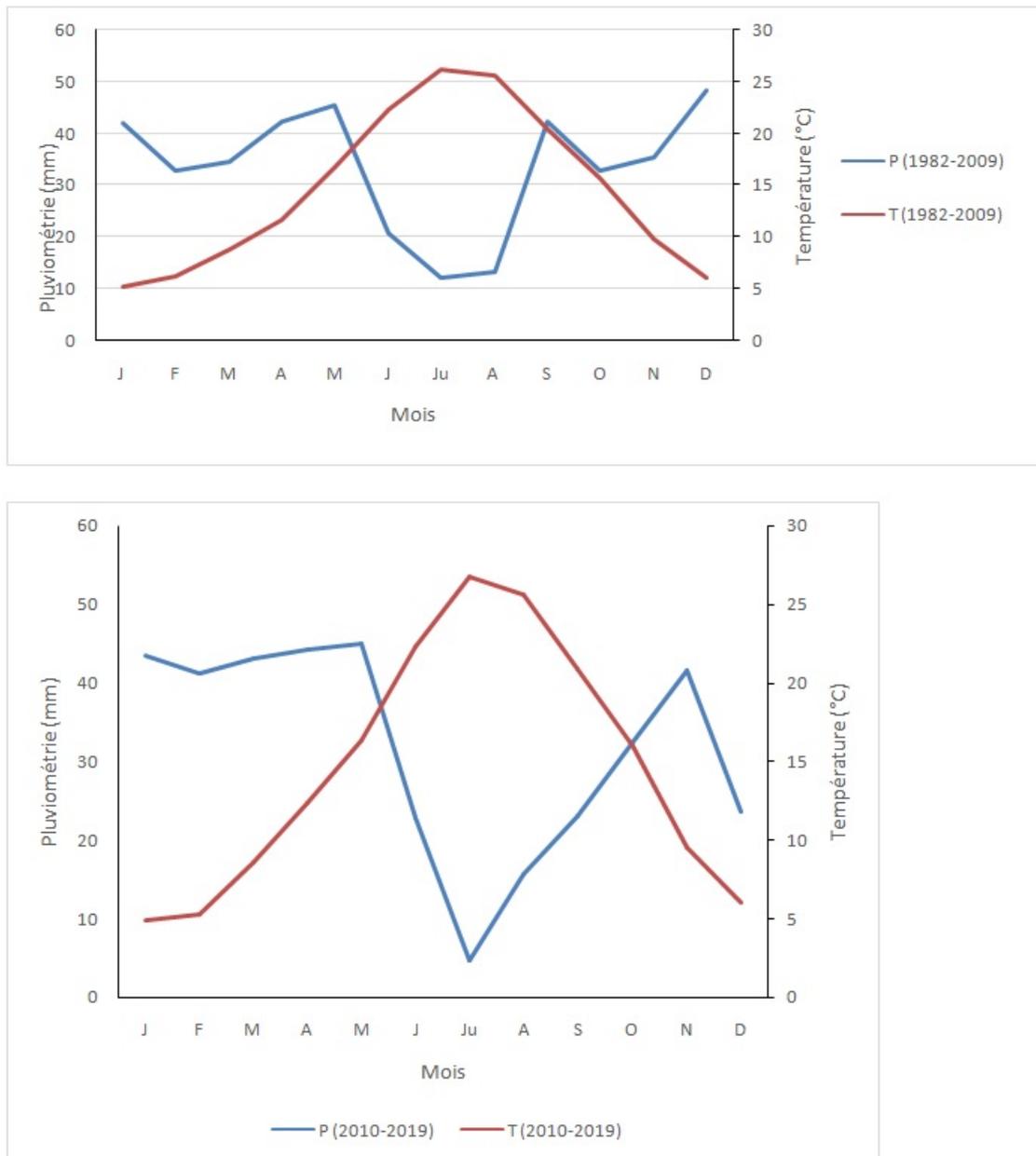


FIGURE 4.33 – Diagramme ombrothermique de deux périodes :1982-2009 /2010-2019

L'interprétation de cette représentation nous donne l'information sur la durée et l'intensification de la période sèche. Nous avons obtenu dans la première période (1982-2009) une sécheresse de quatre mois et 10 jours. La deuxième période (2010-2019) une sécheresse de cinq mois et 10 jours. C'est à dire une grande différence entre les deux périodes où nous avons enregistré les ruptures, à partir de 2011. Signification d'une augmentation des températures maximales soit en mois d'avril soit en mois d'octobre.

Les tests sur la moyenne des températures annuelles présentent une rupture depuis, l'année 2013. A partir des données de la série sur une période de 36ans Sétif a tendance vers une augmentation des températures de l'ordre de 0.06 °C. Un réchauffement du climat qui peut

engendrer des modifications sur le tapis végétales et son comportement, ainsi sur les paramètres climatiques comme la neige et l'enneigement (Missaoui *et al.*, 2020). La durée et la quantité de l'enneigement peut être influencée par cette augmentation des températures, surtout dans la partie sud du territoire d'étude ; en plus elle est soumise à des vents sirocco (vent sec et chauds). D'une manière générale, et puisque cet aspect va être bien illustré dans la partie traitant le comportement phénologique ; La neige influe sur le comportement phénologique du Cèdre de l'Atlas, et dans la partie sud dans les monts de Bou Taleb on enregistre des dépérissements d'une grande partie de la cédraie. On peut dire que la température moyenne mensuelle influe sur la durée de l'enneigement dans cette partie de notre région d'étude, en plus l'effet des vents sirocco chaud et sec, c'est une explication que la saison de l'été se propage rapidement est susceptible d'entraîner et favorise la fonte rapide de la neige.

### 4.3 L'apport du modèle numérique de terrain (MNT)

Le modèle numérique de terrain est une représentation numérique et mathématique de l'altitude d'un point quelconque de la surface terrestre d'une zone géographique, dans un système référentiel bien défini. Même si le MNT représenté sous forme de triangles irréguliers présente certains avantages (Peucker *et al.*, 1978), dans la grande majorité des cas, le MNT est représenté comme un ensemble de mailles régulières, caractérisées chacune par une valeur d'altitude, dans le but d'en faciliter la manipulation et le stockage en mémoire de l'ordinateur pendant les calculs. On peut utiliser le MNT pour la réalisation des cartes : Cartes des altitudes, les cartes des pentes et les cartes des expositions. Selon Carter (1988), un MNT, même de meilleure exactitude, reste une approximation de la réalité du terrain. Par conséquent, il contient toujours des erreurs. Ces erreurs se propagent inévitablement dans les différentes applications qui l'utilisent et peuvent influencer considérablement les résultats finaux (Huang *et al.*, 2005 ; Oksanen *et al.*, 2005).

Les erreurs du MNT : Les sources d'erreurs du MNT sont variées et incluent principalement l'exactitude des points de contrôle, la densité et la distribution des données sources, la situation géographique de la zone d'étude, les méthodes utilisées pour générer le MNT et la microtopographie de la zone d'étude (Li, 1991 ; Heritage *et al.*, 2009). Pike (2002) identifie trois types d'erreurs (différence entre la valeur altimétrique d'une maille et la valeur réelle observable sur le terrain) dans les MNT : les erreurs systématiques, les erreurs aléatoires et les fautes. Les erreurs systématiques résulteraient du processus de génération du MNT et peuvent être éliminées ou réduites si leurs sources sont identifiées. Les fautes résulteraient des erreurs commises lors de la collecte des données. Elles sont identifiables et éliminées normalement pendant les phases de traitement des données avant leur utilisation. Les erreurs aléatoires du MNT sont cependant inévitables (Ouédraogo M m *et al.*, 2014)

### 4.3.1 Carte hypsométrique

Le territoire du Sétifois présente une hétérogénéité importante, varie de 350 mètre jusqu'au 2004 mètre d'altitude c'est le point culminant dans le territoire d'investigation, les Babors (fig 4.34)

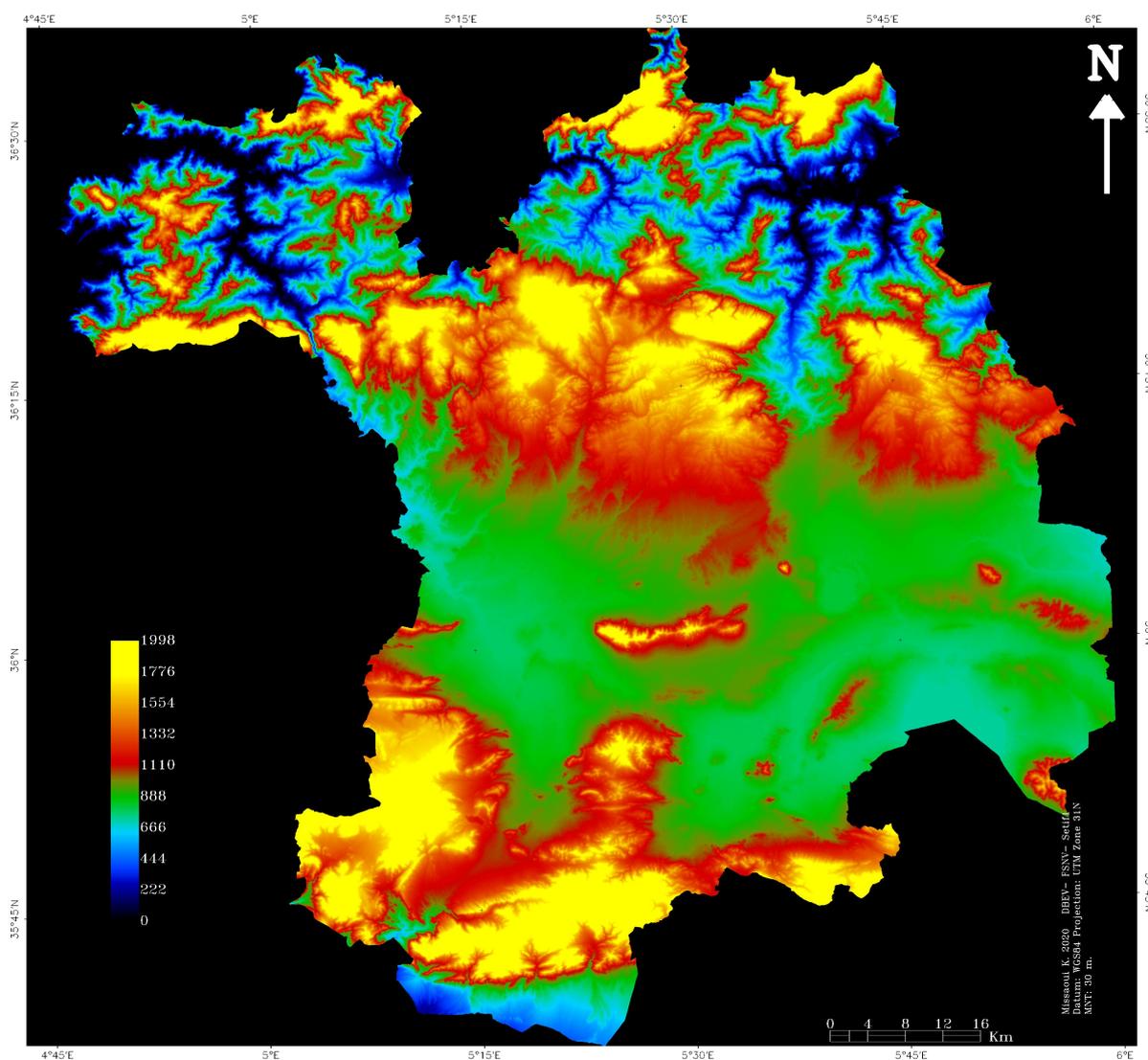


FIGURE 4.34 – Carte hypsométrique de Sétif (2020)

Nous avons organisées les classes des altitudes en cinq classes. Chaque classe est représentée en pourcentage par rapport le territoire d'étude (fig 4.35). Les principales classes sont :

Classe 1 : Se situe entre 300 m et 600m occupant 2.003 % de la superficie totale du territoire de la wilaya.

Classe 2 : Se situe entre 601m et 1000 m occupant 62.06% de la superficie totale du territoire de la wilaya.

Classe 3 : Se situe entre 1001m et 1400 m occupant 33.20% de la superficie totale du territoire de la wilaya.

Classe 4 : Se situe entre 1401 m et 1800 m occupant 2.01 % de la superficie totale du territoire de la wilaya.

Classe 5 : Se situe entre 1801m et 2000 m occupant 0.37 % de la superficie totale du territoire de la wilaya

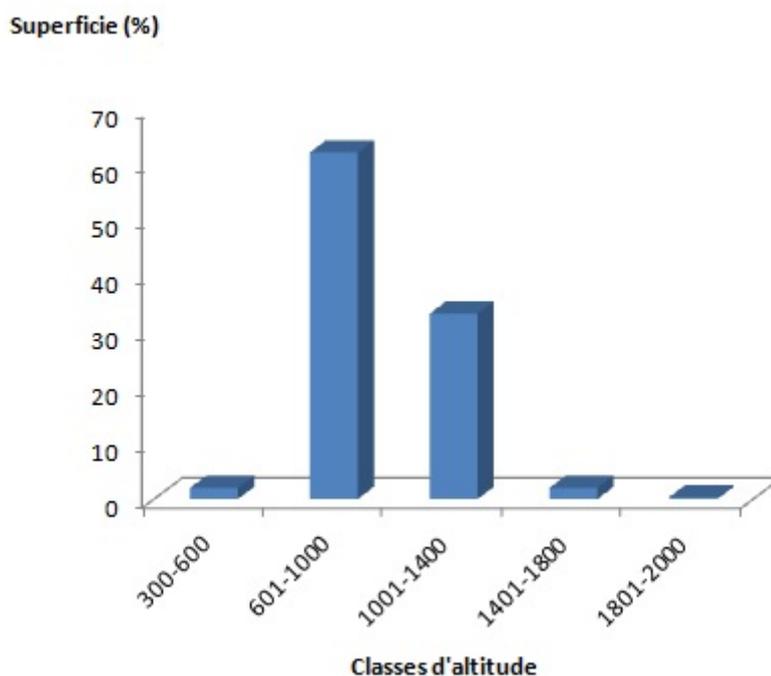


FIGURE 4.35 – Répartition des classes d'altitude

### 4.3.2 Classes des pentes

Le MNT a permis d'établir la carte des pentes par l'intermédiaire du module Slope du menu « topographic modeling » du logiciel (ENVI) ; la carte permet de dégager cinq classes de pentes renseignant sur la déclivité de la zone (fig 4.36). On distingue : la zone de montagne, la zone de piémonts et la zone de plaine. Les valeurs des pentes de chaque espace ou de chaque forme topographique sont :

- Les pentes fortes où très fortes > 35%
- Les pentes moyennes entre 20 et 35 %
- Les pentes faibles entre 4 et 10%
- Les pentes très faibles entre 0 et 4%

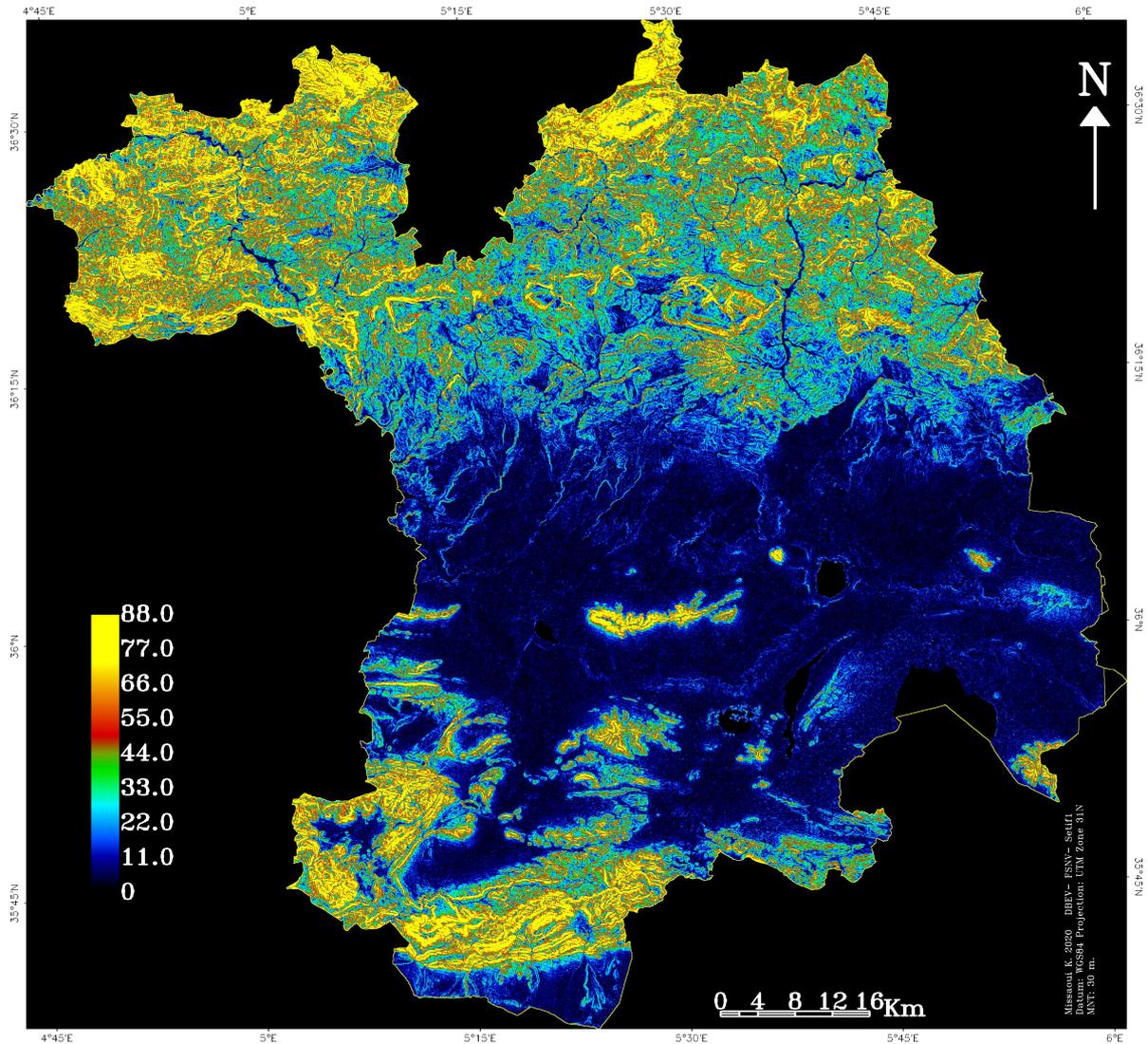


FIGURE 4.36 – Carte des pentes de Sétif (2020)

L'analyse statistique des données issues de la carte des pentes nous a permis de ressortir quatre classes (fig, 4.37) :

Classe 1 : Cette classe représente 66.77% du territoire avec des pentes faibles et des pentes nulles, il s'agit des terrains situés sur les plaines Sétifiennes, les zones d'épandages (oueds) et de bas piémont.

Classe 2 : Cette catégorie renferme 22.09% du territoire ; il s'agit des pentes moyennes, moyennement représentée ; Ce pourcentage abrite des zones montagneuses.

Classe 3 : Cette classe est représentée par un pourcentage de l'ordre de 8.68%. Elle représente des pentes moyennement fortes.

Classe 4 : Cette classe est représentée par 1.30% ce sont des pentes très fortes, principalement se retrouves dans les sommets des montagnes.

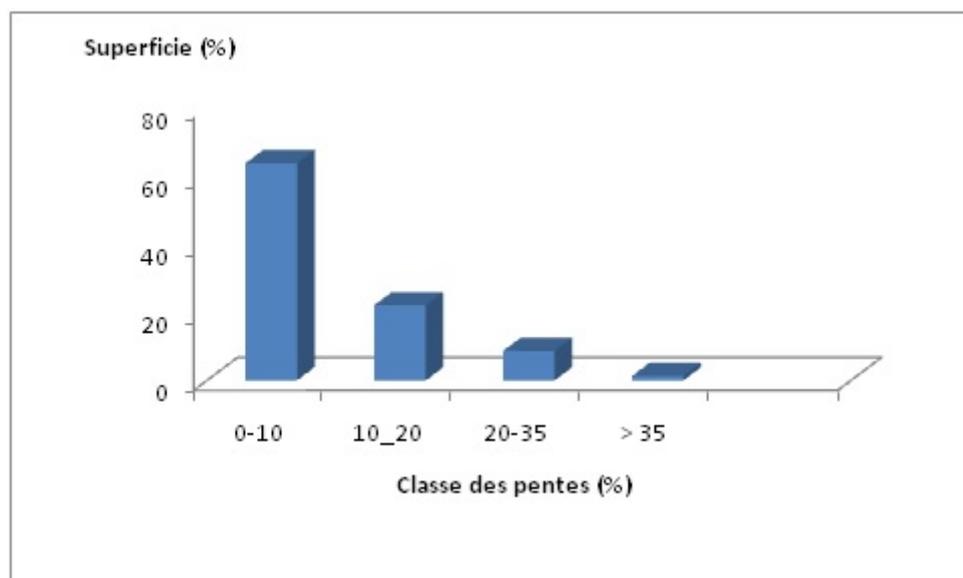


FIGURE 4.37 – Répartition des classes des pentes

### 4.3.3 Classes des expositions

La carte des expositions a été faite à l'aide de l'analyse du MNT par l'intermédiaire du logiciel ENVI. Huit principales classes d'expositions ont été retenues dont chaque exposition correspondant à un quartier de  $45^\circ$  centré sur la valeur moyenne de cette exposition. Elles sont déterminées par rapport aux huit points cardinaux avec des valeurs exprimées en degré avec le nord comme origine (fig 4.38) :

- Nord =  $0^\circ$  à  $22.5^\circ$  et  $337.5^\circ$  à  $360^\circ$
- Nord-Est =  $22.5^\circ$  à  $67.5^\circ$
- Est =  $67.5^\circ$  à  $112.5^\circ$
- Sud-Est =  $112.5^\circ$  à  $157.5^\circ$
- Sud =  $157.5^\circ$  à  $202.5^\circ$
- Sud-Ouest =  $202.5^\circ$  à  $247.5^\circ$
- Ouest =  $247.5^\circ$  à  $292.5^\circ$
- Nord-Ouest =  $292.5^\circ$  à  $337.5^\circ$



climat est dans l'existence d'une période sèche axés sur la saison chaude, de durée variable et imposant pour la végétation une phase annuelle de stress xérique (Quézel & Médail, 2003). La vie végétale se développe entre deux pôles thermiques extrêmes : la moyenne des minima du mois le plus froid (m), et la moyenne des maxima du mois le plus chaud (M) (Emberger, 1942 ; Daget, 1977). Tout comme pour la pluviométrie, les températures sont en relation étroite avec l'altitude. De façon générale, plus on monte en altitude, plus la température diminue. L'altitude et l'exposition jouent un rôle très important dans la distribution spatiale de la végétation ; ainsi que la pente détermine l'existence d'une végétation particulière, comme par exemple la végétation liée aux roches (Rupicoles).

#### **4.4 L'apport de la télédétection dans l'étude des écosystèmes :**

La télédétection constitue une source de données largement utilisée pour identifier et caractériser les éléments paysagers et notamment les éléments forestiers. De nombreuses études ont démontré le potentiel des images satellites pour réaliser un suivi de la végétation, à l'aide de séries temporelles de données optiques annuelle (Hansen *et al*, 2008 ; Shimabukuro *et al*, 2014 ; Souza, *et al*, 2013) dans notre étude nous avons deux sources ; Land SAT (LandSat 7 ETM+ et Land SAT 8) et des séries temporelles issues des images MODIS.

La télédétection optique est un outil puissant qui offre la possibilité de fournir des informations pour examiner le couvert forestier depuis plusieurs années. Elle permet par exemple d'analyser aussi bien à l'échelle du pixel des fractions de végétation que de suivre l'évolution du paysage et sa fragmentation sur de plus grands espaces. Dans un premier temps, les séries temporelles d'images optiques ont été utilisées pour suivre la progression de la déforestation le long des fronts pionniers notamment, car ces capteurs à large champs couvrent de vastes régions et ont une résolution spatiale de l'ordre de la centaine de mètres, ce qui est adapté à l'objet d'étude (Hansen *et al*, 2010)

Nos résultats se subdivisent en deux parties distinctes ; le traitement des images satellites Land SAT (LandSat 7 ETM+ et Land SAT 8) et le traitement issu des images MODIS.

##### **4.4.1 Méthode de combinaison des données spectrales et spatiales de LandSat pour le suivi de la phénologie**

Le suivi de l'évolution de la végétation issue de ses images nous a permis de calculer des indices notamment : NDVI, NDMI. Tous ces indices nous servent comme étend un support numérique illustratif permettant de comparer les valeurs de ces indices au fil des temps, d'une

---

part et d'autre part de comparer statistiquement l'occupation du sol à travers le territoire d'étude.

#### 4.4.1.1 Calcul de l'indice de végétation normalisé (NDVI)

Les indices de végétation ont été largement considérés comme un signe évaluer la verdure des plantes et observer les changements multitemporels de la végétation dans les données satellitaires (Yacouba *et al.* 2009). La période de comparaison de l'état du comportement phénologique de notre zone d'étude est effectuée sur la période 2007 jusqu'au 2019, dans deux saisons hivernal et estivale. Le choix de ces deux saisons c'est surtout, pour avoir le maximum d'information des différentes formations végétales, notamment les écosystèmes forestiers représentés par les caducifoliés, les résineux et les espèces à feuilles persistantes. Le résultat de cet algorithme est une seule bande de données avec valeurs NDVI allant de -1 à 1 (Sabins 1997 ; Jensen 2000). Compte tenu des variations de végétation, se sur l'échelle ordinale des valeurs de NDVI en quatre classes :

Classe1 :  $NDVI < 0,1$  ; correspondait à des zones stériles de roche, de sable ou la neige

Classe2 :  $0,1 < NDVI < 0,2$  ; correspond aux sols.

Classe3 :  $0,2 < NDVI < 0,3$  ; correspond aux arbustes et prairies

Classe4 :  $0,3 < NDVI < 0,8$  ; forêts présentées

#### NDVI période estivale

La répartition spatiale, dont le but est de détecter les changements du signal spectral qui fait référence à la couverture végétale ou à l'activité photosynthétique spatiotemporelle. L'analyse visuelle issue des deux scènes montre que la variation de la valeur maximale de cet indice diminue de 0.3. (4.39)

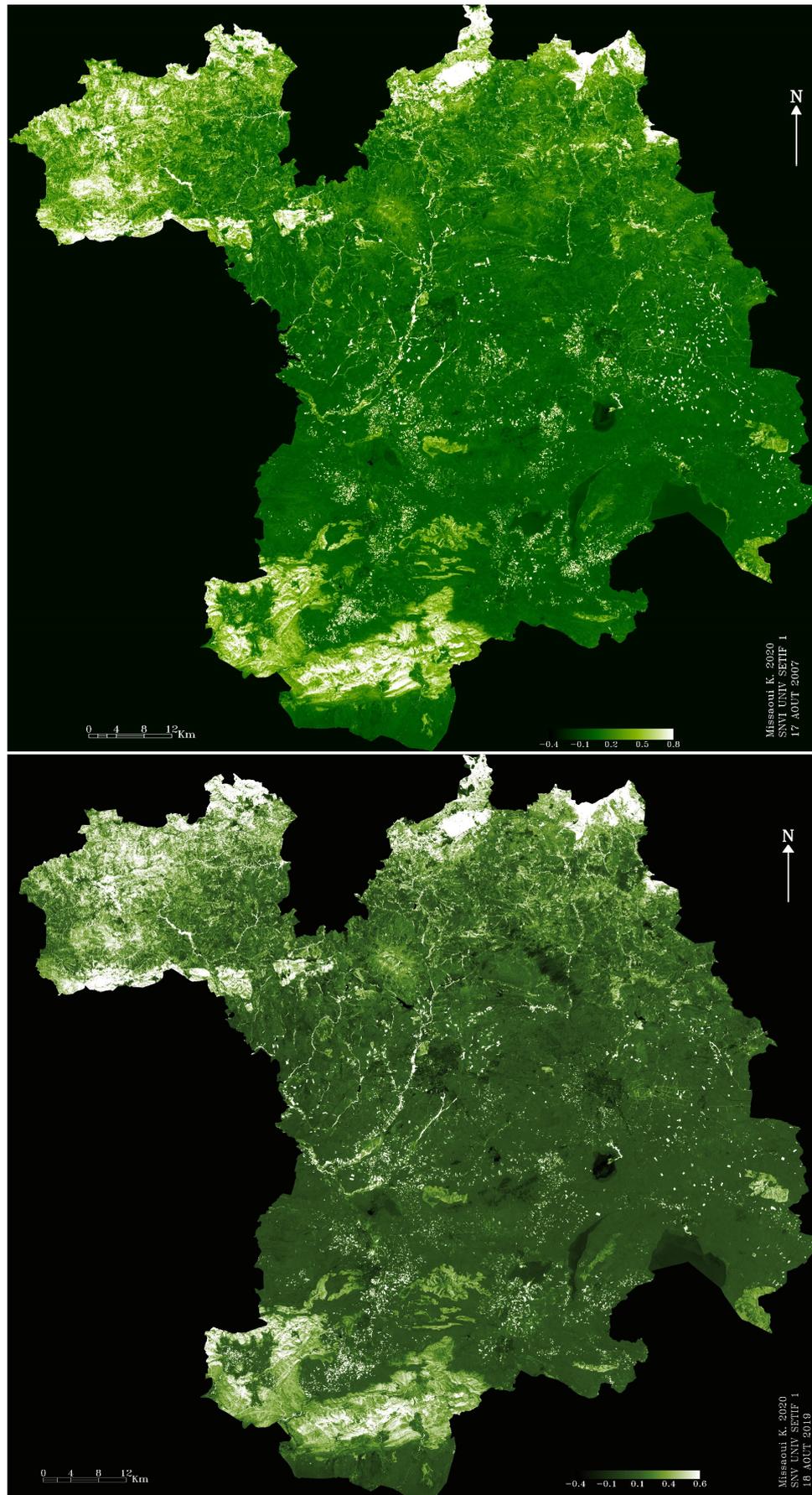


FIGURE 4.39 – Evolution de l'NDVI , période estivale 2007-2019

L'analyse statistique spatial de la variation des valeurs de l'NDVI entre 2007 jusqu'au 2019, au sein de la période estivale, sont autour de 0.3 (fig 4.40).

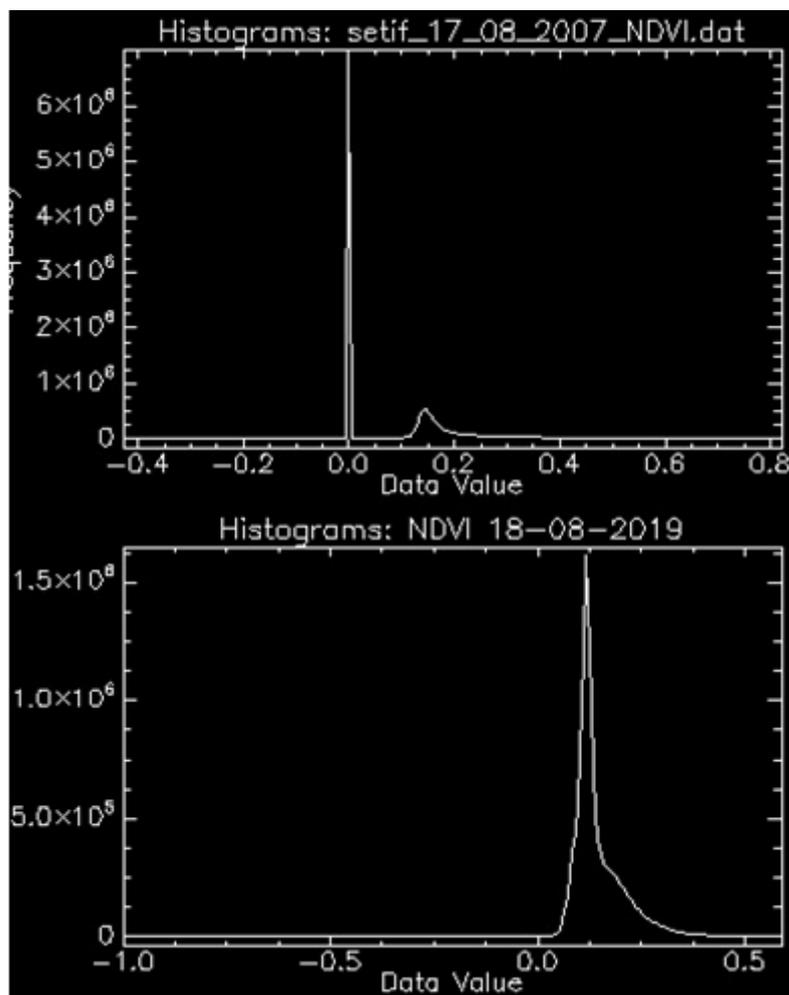


FIGURE 4.40 – Histogramme des réponses spectrales NDVI estivale : 2007- 2019

Les valeurs de la classe 4 montrent une diminution de la superficie occupée par les formations forestières avec un pourcentage de l'ordre de 4.9%. La troisième classe présente une augmentation de l'ordre de 4%. La deuxième classe représentant une augmentée de 30% (figure 4.41)

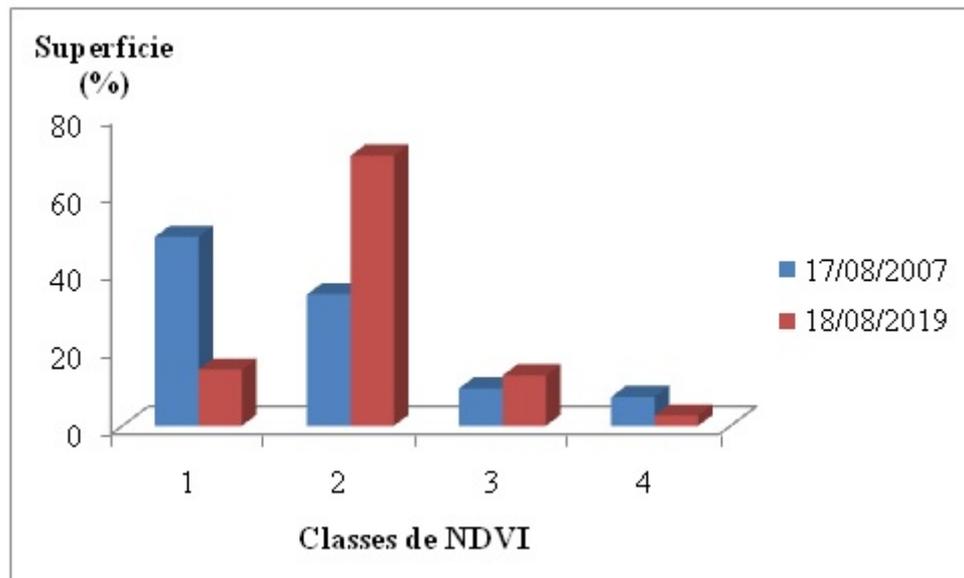


FIGURE 4.41 – Histogramme de la répartition de l'NDVI, période estivale.

### NDVI période hivernale

Le but de cette comparaison est de détecter les changements du signal spectral qui fait référence à la couverture végétale ou à l'activité photosynthétique spatiotemporelle. L'analyse visuelle issue des deux scènes montre que la variation de la valeur maximale de cet indice diminue de 0.3 (fig 4.42). Il faut signaler que la présence de la neige peut modifier la réponse spectrale de la scène étudié. Les valeurs de cet indice sont comprises entre -1 (pas de végétation) et +1 (végétation très abondante). Les valeurs négatives correspondent aux surfaces telles que l'eau, la neige ou les couvertures nuageuses. Les couverts végétaux ont, quant à eux, des valeurs de NDVI comprises entre 0,1 et 0,7. De plus, le NDVI est souvent corrélé à l'état des plantes et à leurs propriétés. (Dubuisson, 2017). Toutes ces informations peuvent servir de récolter les données sur l'état du couvert végétale. Les classes de l'NDVI dont les valeurs comprises entre 0.3 et 0.8 fond l'objet d'une interprétation visuelle des groupements forestiers. En 2007 c'était des valeurs importantes comprises entre 0.3 et 0.9 ce qui explique la présence d'une végétation forestière et post forestière alors que en 2019 enregistre seulement les valeurs comprises entre 0.3 et 0.6. En outre cette étape nous a permis de déduire que la partie méridionale du territoire a subit une régression du couvert végétale dans les monts du Hodna.

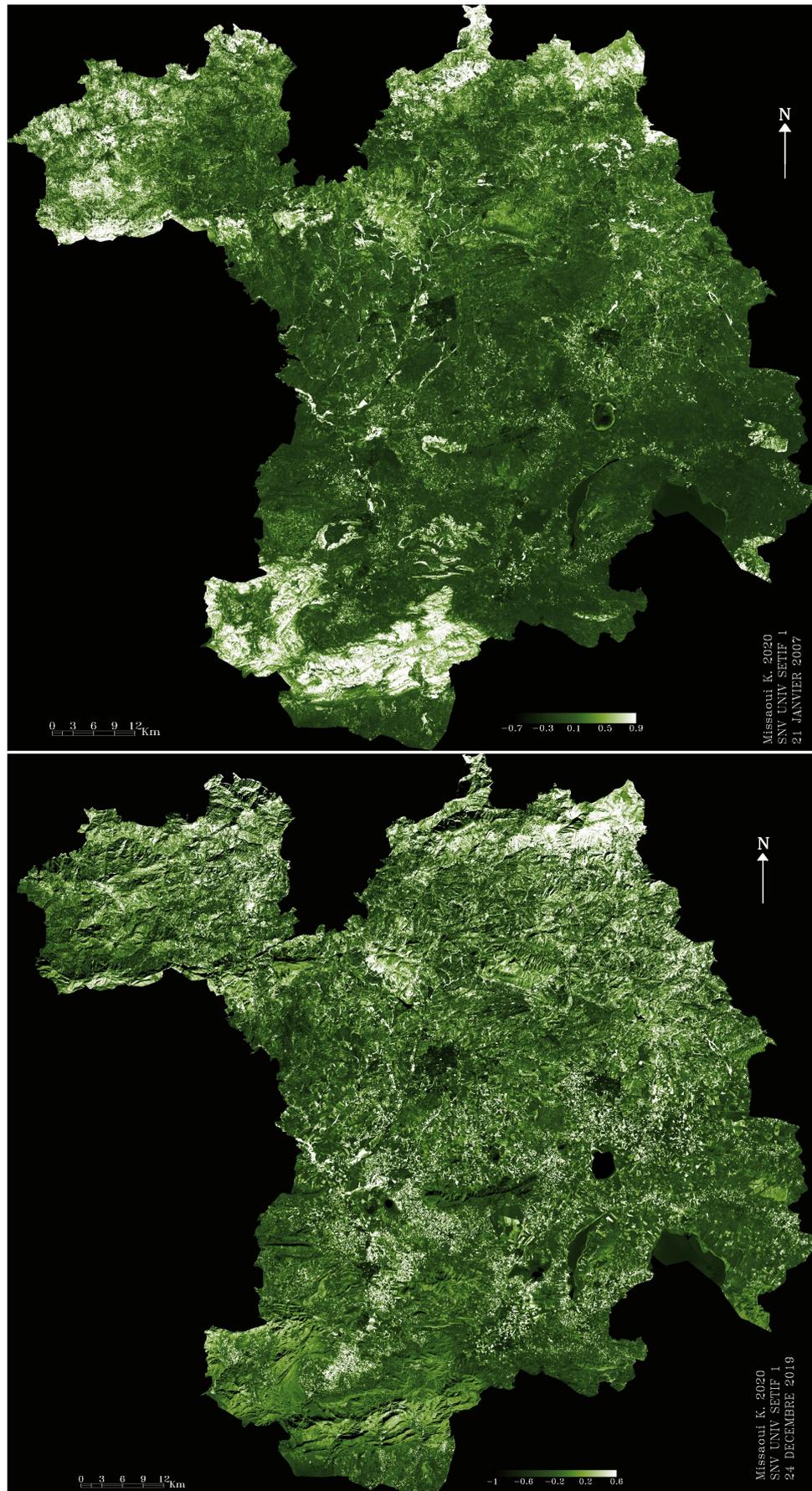


FIGURE 4.42 – Evolution de l'NDVI, période hivernale, 2007-2019

Les valeurs de l'NDVI entre 2007 jusqu'au 2019, au sein de la période hivernale, sont autour de 0.3 donc on peut dire que ces sont les mêmes valeurs de diminution du couvert végétal sachant que dans l'année 2019, la neige ne pose pas de problèmes sur la réponse spectrale ; car lors de la prise de cette scène d'image était claire avec l'absence de nuage ou de neige. Par contre dans l'année 2007 il a neigé au niveau des altitudes ou la végétation forestière occupe ces milieux ce qui peut influencer les valeurs de l'NDVI (fig 4.43).

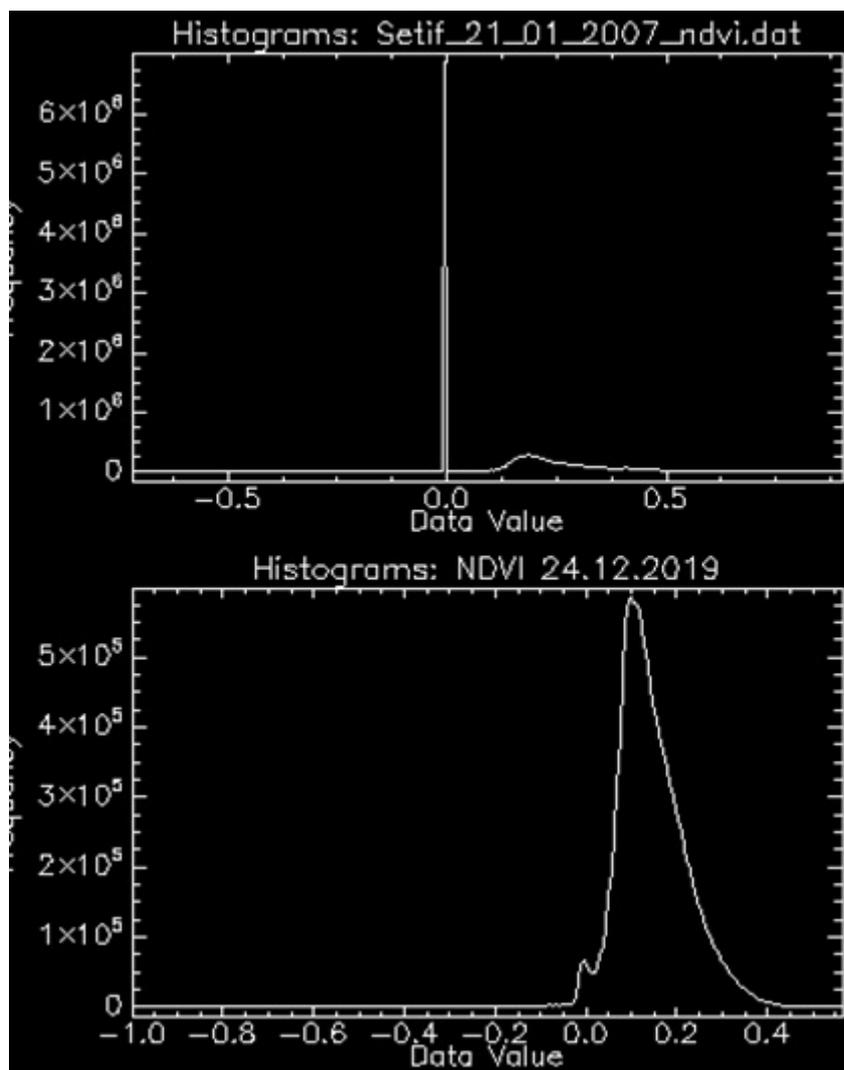


FIGURE 4.43 – Histogramme des réponses spectrales NDVI hivernale, 2007- 2019.

Les valeurs de la quatrième classe montrent une diminution de la superficie occupée par les formations forestières d'un pourcentage de l'ordre de 11.24%. La troisième classe présente une diminution de l'ordre de 0.721%. La deuxième classe représente 35%. Ce qui peut expliquer que les bâtis et les soles dégradés ont augmentés (figure 4.44)

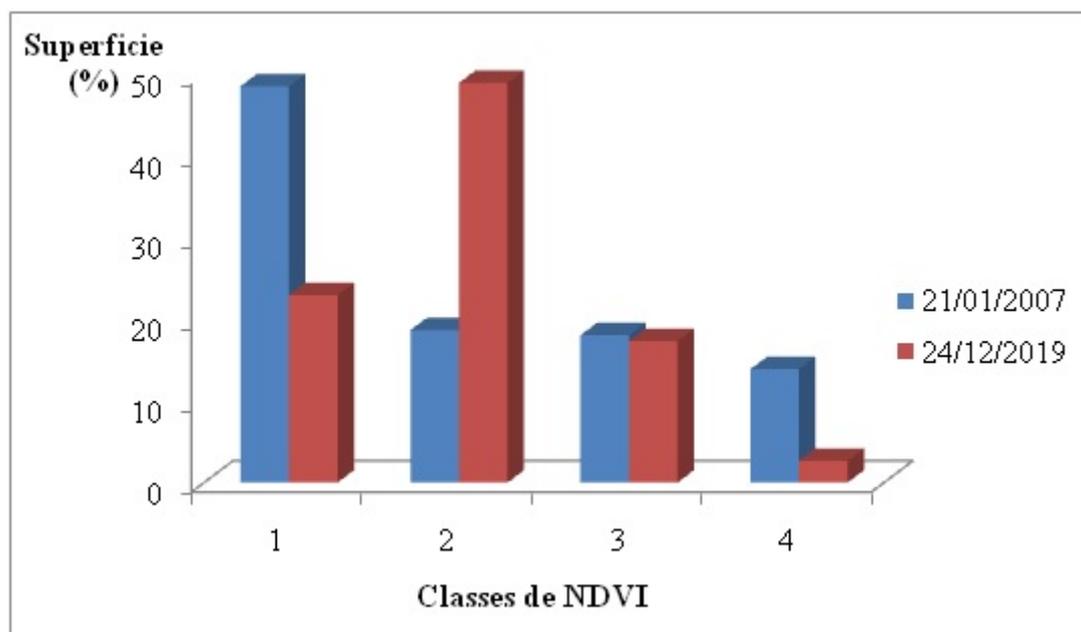


FIGURE 4.44 – Histogramme de la répartition de l'NDVI dans la période hivernale

#### 4.4.1.2 Calcul de l'indice de l'humidité normalisé (NDMI)

L'indice d'humidité par différence normalisée (NDMI) qui est utilisé en combinaison avec d'autres indices de végétation (NDVI et / ou ADVI) associés à l'humidité de la végétation. Cette formule utilise le proche infrarouge (NIR) et l'infrarouge à ondes courtes (SWIR) pour capter les variations d'humidité dans les zones végétalisées. Le NDMI est applicable dans les applications de surveillance de la sécheresse et de changements subtils des conditions d'humidité de la végétation. Le NDMI peut également être utilisé pour déterminer l'humidité du végétal pour l'évaluation des risques d'incendie de forêt.

NDMI (Landsat 8 OLI) : NIR=Band 5, SWIR=Band6

NDMI (Landsat 5 TM) : NIR= Band 4, SWIR= Band 5

NDMI (Sentinel 2 MSI) : NIR= Band 8, SWIR= Band 11

Selon Antognelli ,2018 Le NDMI est facile à interpréter : ses valeurs varient entre -1 et 1, et chaque valeur correspond à une situation agronomique différente, indépendamment de la végétation (tab 4.19).

TABLE 4.19 – Répartition de l'interprétation des classes de l'NDMI (Antognelli ,2018)

Classe de l'NDMI	Signification et interprétation de l'NDMI
-1 _ -0.8	Sol nu
-0.8 _ -0.6	Couverture de la canopée presque absente
-0.6 _ -0.4	Couverture très basse
-0.4 _ -0.2	Couverture de la canopée basse, couverture de la canopée sèche, ou très basse, humide.
-0.2 _ 0	Couverture de canopée mi-basse, stress hydrique élevé ou couverture de canopée basse, stress hydrique faible
1 _ 0.2	Couverture moyenne de la canopée, stress hydrique élevé ou couverture canopée moyenne à basse, stress hydrique faible
0.2 _ 0.4	Couverture de canopée mi- haute, stress hydrique élevé ou couverture de canopée moyenne, stress hydrique faible
0.4 _ 0.6	Couverture élevée de la canopée, pas de stress hydrique
0.6 _ 0.8	Couverture très haute, pas de stress hydrique
0.8 _ 1	Couverture totale de la canopée, pas de stress hydrique / engorgement

### NDMI estivale

Les valeurs de l'indice d'humidité varie de -0.8 jusqu'au +1 l'année 2007, et de -1 jusqu'au +1 l'année 2019, selon la répartition Antognelli ,2018 on remarque qu'il y a une diminution de l'ordre de 0.6 de la valeur de l'indice d'humidité, ce qui explique la diminution du couvert végétal (fig 4.45).

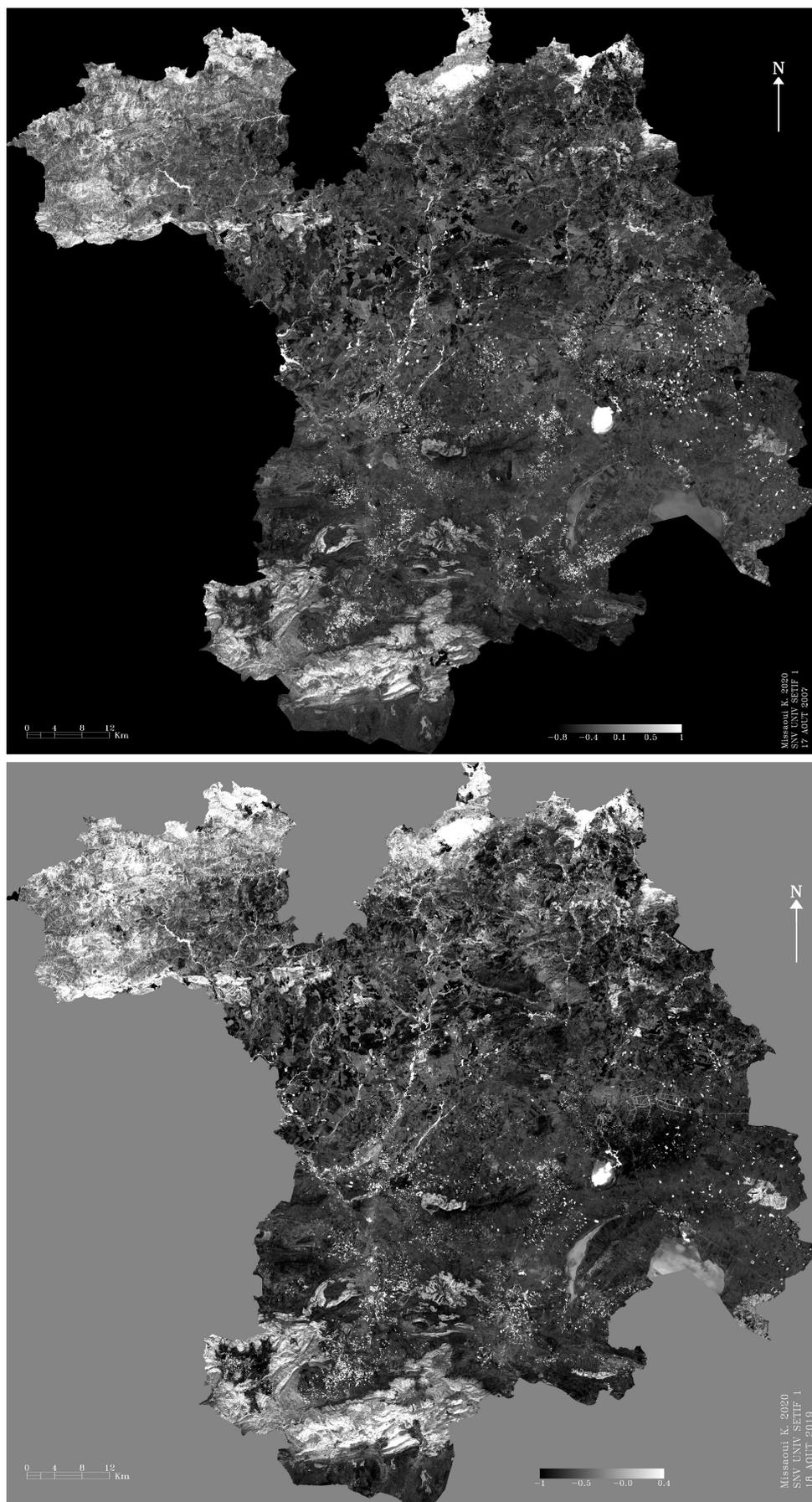


FIGURE 4.45 – Répartition spatiotemporelle de l'NDMI estival

La réponse spectrale nous montre la différence de la variation de l'NDMI allant de -1 jusqu'au +1 mais cette répartition présente une hétérogénéité importante car dans l'année 2007 les valeurs indiquent la présence de la végétation forestière importante, alors que l'année 2019 et dans la même période la valeur ne dépasse pas 0.4 ; Ce qui explique la canopée de la végétation est moins importante (fig 4.46).

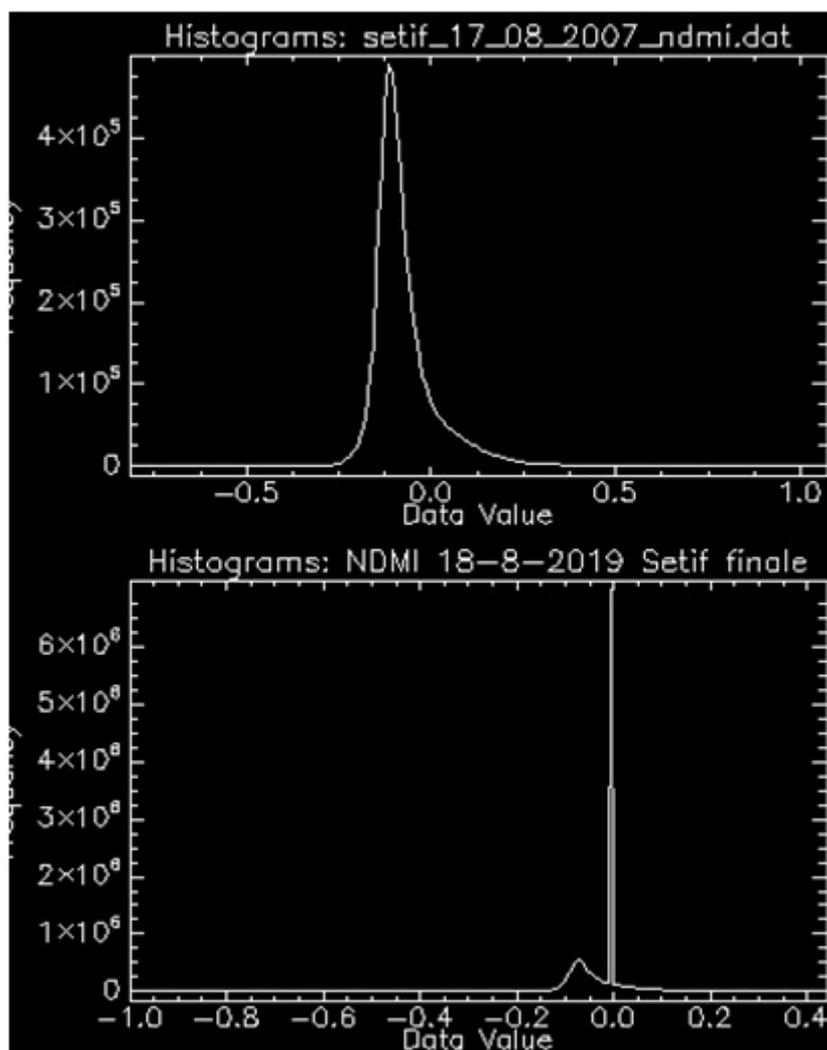


FIGURE 4.46 – Histogramme des réponses spectrales NDMI estival : 2007- 2019

L'analyse statistique nous permet d'identifier les classes qui se développent dans notre région d'étude, nous avons regroupé les valeurs de cet indice au lieu dix classes, en quatre classes :

- Classe 1 sol nu, absence de l'humidité : de -1 jusqu'au -0.4.
- Classe 2 communauté végétale avec une canopée, un peu humide : de -0.4 jusqu'au 0.
- Classe 3 une canopée moyenne, humidité moyenne : de 0 jusqu'au +0.4
- Classe 4 une canopée très haute avec la présence d'eau (engorgement), humidité très haute :

de +0.4 jusqu'au +1.

La correspondance de ces classes sont identifier comme suit ; Les valeurs de 0 jusqu'au -1 correspond aux sols nu, et les valeurs de zéro jusqu'au +1 tend vers la végétation. (fig 4.47)

Les deux classes 3 et 4 tendent vers la diminution de la superficie de 2007 jusqu'au 2019, ce qui explique la végétation a diminuée considérablement que se soit la végétation forestière et post forestières, que se soit la végétation herbacée. En terme chiffre la classe 3 a diminué de 5.30 % de la superficie occupée dans les années 2007. La même chose dans la classe quatre une diminution de l'ordre de 0.39% de la superficie occupée par les formations végétales forestière et post forestières.

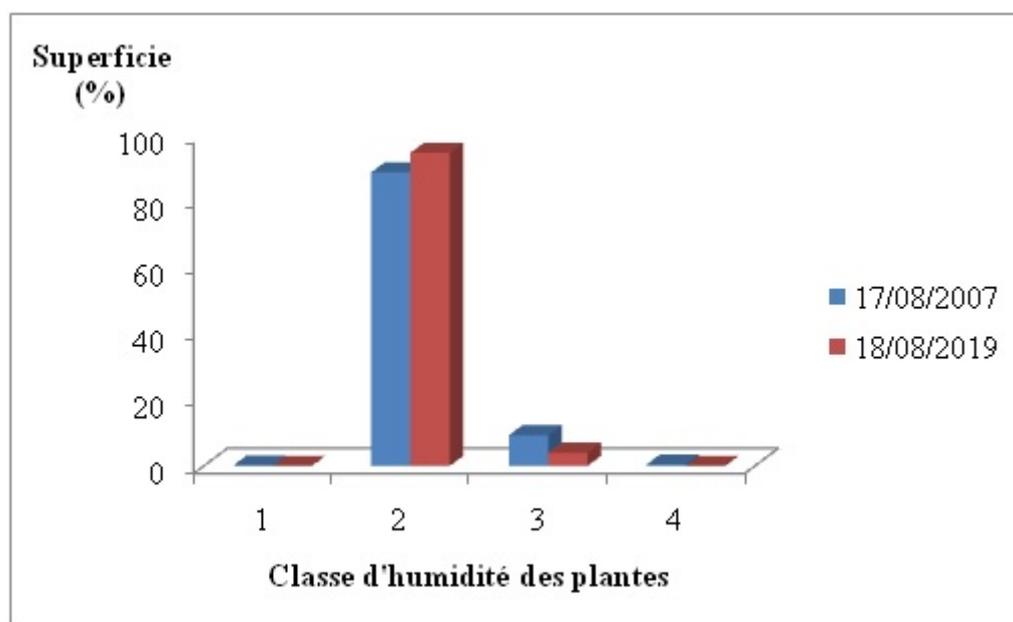


FIGURE 4.47 – Histogramme de la répartition des classes de l'NDMI estivale

### NDMI hivernale

Les valeurs de l'indice d'humidité varie de -0.7 jusqu'au +1 l'année 2007, et de -1 jusqu'au +4 l'année 2019, selon la répartition des classes citer au par avant on remarque qu'il y a une diminution de l'ordre de 0.3 de la valeur de l'indice d'humidité, ce qui explique la diminution du couvert végétal. Dans cette période où les facteurs climatiques peuvent modifier les valeurs de cet indice, car les précipitations joues un rôle très important dans la physiologie du végétale. La détection rapide de conditions d'assèchement, qui peuvent indiquer le début d'une sécheresse, permet d'améliorer la production agricole et de faire des prévisions quant au volume et à la qualité des récoltes. La détection rapide des risques permet égale-

ment de prévenir les producteurs agricoles et aide à la planification de l'aide humanitaire. Dans les régions au climat semi-aride, les évaluations de la teneur en humidité de surface du sol aident à la prévision des taux d'évaporation et de l'assèchement du sol. (Filion, 2015). Donc toutes ces informations du taux d'humidité permettent la meilleure connaissance du terrain. Cela nous permet de dire que si les valeurs de l'indices d'humidité est supérieur à 0.4 le terrain est habillait en végétation, par contre les valeurs inférieure à 0.2 jusqu'au -1 se sont des sols nu ou absence totale de la végétation (fig 4.48).

---

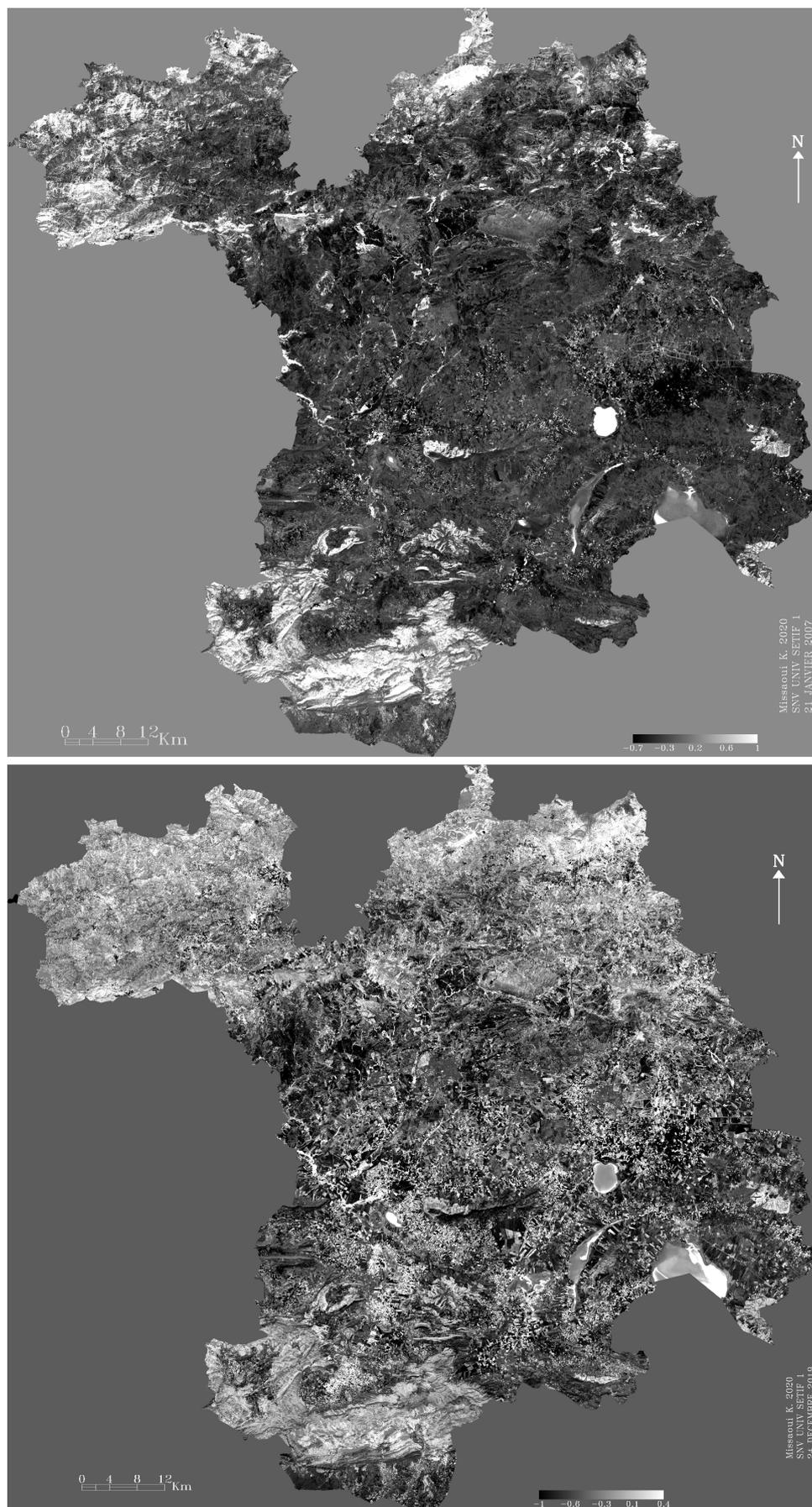


FIGURE 4.48 – Répartition spatiotemporelle de l'NDMI hivernal

La répartition spatiale de cet indice varie de -0.3 jusqu'au +1 l'année 2007, Alors qu'en 2019 les valeurs sont réparties entre -1 et +0.45. Les valeurs de cet indice en 2019+ explique qu'il y a une régression de la végétation (fig 4.49)

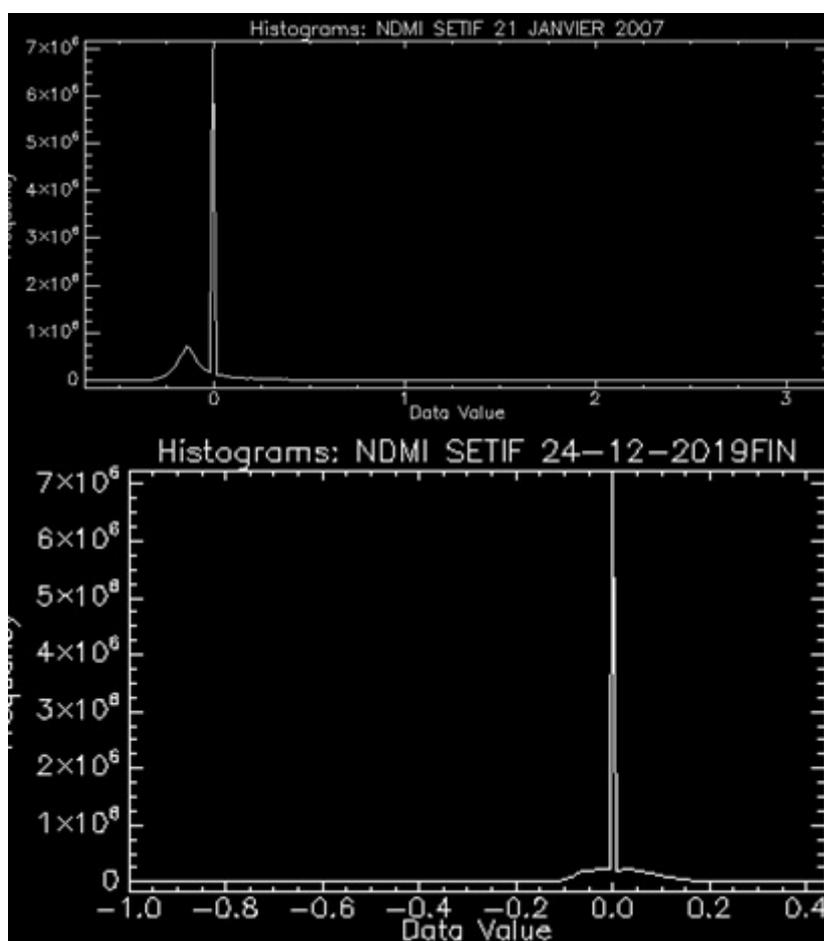


FIGURE 4.49 – Histogramme des réponses spectrales NDMI hivernal : 2007- 2019

La classe n° 4 à présentée une diminution de la superficie de la végétation forestière et post forestière, 2007 jusqu'au 2019 de l'ordre de 0.82%, alors que dans la classe n° 3 enregistre une augmentation de la superficie occupée par la végétation (arbuste et strate herbacée) de l'ordre de 5.48 %. En terme chiffre la classe 3 a diminuée de 5.30 % de la superficie occupée dans les années 2007 (fig 4.50).

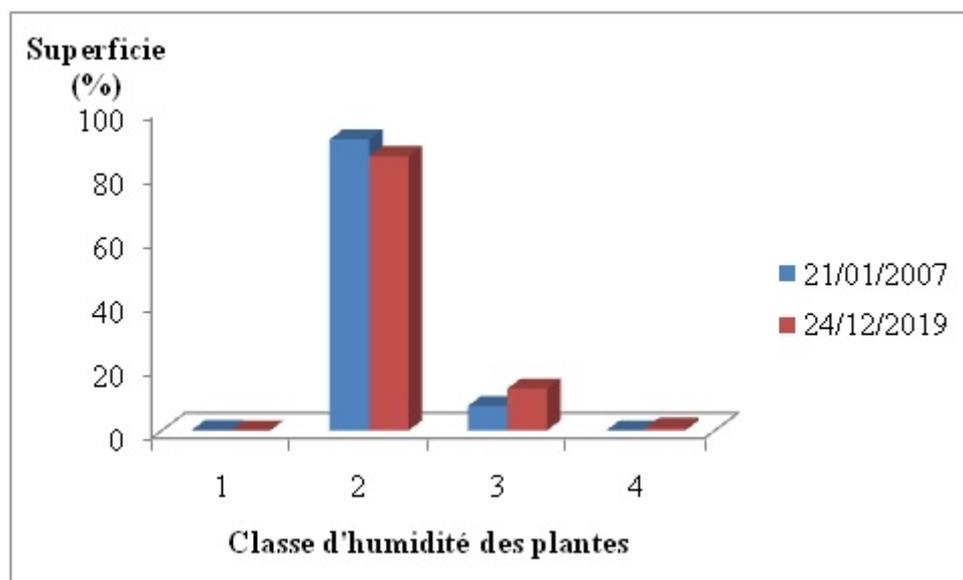


FIGURE 4.50 – Histogramme de la répartition des classes de l'NDMI hivernale

L'étude comparative entre les valeurs maximales de l'NDVI et NDMI durant la période 2007 - 2019, fait ressortir la diminution des deux valeurs de ces indices. Les valeurs diminuent donc la superficie du couvert végétale diminue (fig 4.51)

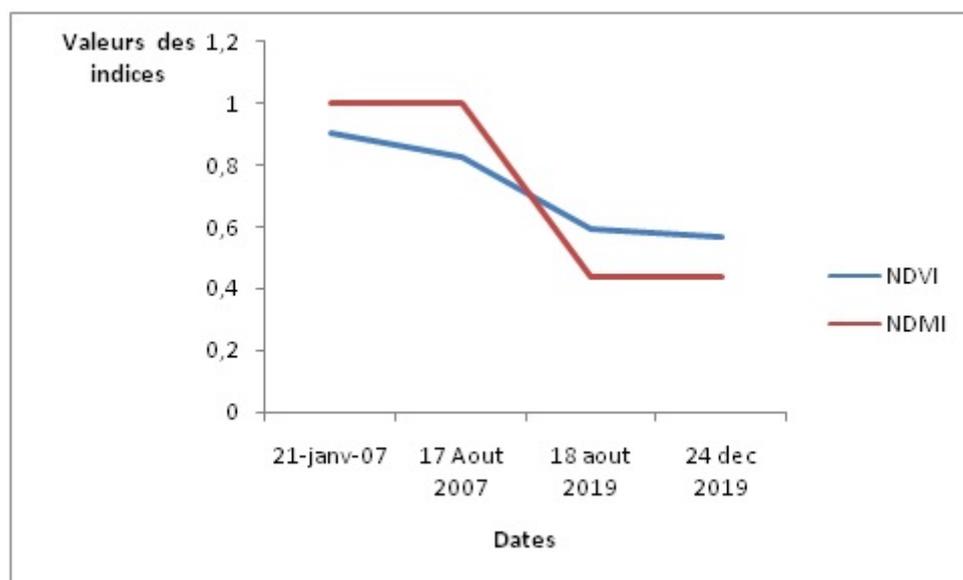


FIGURE 4.51 – Représentation graphique des valeurs de NDVI et l'NDMI 2007-2019

L'analyse statistique des valeurs des deux indices NDVI et NDMI ; le  $R^2 = 96\%$  de la variabilité de la variable dépendante NDVI est expliquée par la variable explicative NDMI, au niveau du seuil de signification 5%, les variables explicatives est significativement meilleur comparée à ce qu'expliquerait la seule moyenne de la variable dépendante (tab 4.20 - 4.21).

Tableau 4.20 – Matrice de corrélation

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr >F
Modèle	1	0.083	0.083	52.641	0.018
Erreur	2	0.003	0.002		
Total corrigé	3	0.086			

Tableau 4.21 – Analyse de la variance

	NDMI	NDVI
NDMI	1	0.982
NDVI	0.982	1

Les valeurs de l'indice d'humidité normalisé, donne comme premier résultat que, la végétation a diminuée d'une façon remarquable, car les superficies occupées par les formations forestières et post forestières, même les autre strates ont subit les même pertes de végétation, ici ce qui est expliquer au par avant par la diminution des précipitation et l'augmentation de la température , et cela est démontré dans la partie des traitements des donnée climatique, où on a démontre la rupture des valeurs de la température à partir de l'année 2011, l'augmentation des températures du mois d'Octobre. Les précipitations ont diminuées depuis l'année 2003.

#### 4.4.2 Méthode de détection des changements de la végétation à partir de la série temporelle d'images satellites MODIS

Selon Pettorelli *et al* (2005), le NDVI est directement lié à la productivité de la végétation, à la biomasse et à la dynamique des écosystèmes, particulièrement des milieux forestiers (Carvalho *et al*, 2004). Il est largement utilisé comme une donnée indirecte pour l'estimation de variables d'état du couvert végétal et de processus biophysiques tels que la photosynthèse (Tucker and Sellers, 1986). Donc, l'exploitation de séries temporelles de l'NDVI constitue un bon moyen de quantifier l'activité végétale à un pas de temps régulier et ainsi de suivre l'évolution et d'en mesurer les tendances sur la période pour laquelle les données sont disponibles (Laala A *et al*, 2016). Notre thématique se base sur deux aspects, premièrement suivre la dynamique de la végétation dans l'espace et dans le temps, puis en deuxième étape la procédure à des analyses statistique temporelles et spatiale et spatio-temporelle à la fois ; à partir de la série de l'indice de végétation normalisé (NDVI) fournis par les images satellites MODIS 13Q. (Laboratoire ESO Lemans université). La série temporelle MODIS du

NDVI est utilisée pour calculer les séries phénologiques. Ces séries résultent du traitement des produits MOD13 ayant une fréquence temporelle de 16 jours. Elles ont subi un filtrage par la méthode de Whittaker pour éliminer les principaux artéfacts. La période d'acquisition s'étale du 18/02/2000 au 25/05/2018. La croissance de la végétation peut être mesurée avec différents indices de végétation basés sur le spectre, tels que l'indice de végétation amélioré (EVI) et l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) (Tan *et al.*, 2008 ; Trujillo *et al.* 2012 ; Paudel et Andersen 2013 ; Wang *et al.*, 2015). Un indice de végétation est un indicateur de la densité des feuilles vertes (Weier et Herring, 2000). Utilisé principalement pour la cartographie et la surveillance de la végétation, l'indice de végétation peut agir comme des mesures indirectes de la productivité de la végétation, de l'activité photosynthétique et des métriques de phénologie (par exemple l'indice foliaire (LAI) et les variations spatio-temporelles de la biomasse, etc.) (Huete *et al.*, 1997 ; Weier et Herring ,2000). La comparaison des valeurs de l'NDVI des formations végétales (Les cedraies des Babors et des monts du Hodna, les chênaies et les prairies) sont calculées à partir de l'image MODIS. Les valeurs de l' NDVI ont été calculées pour chaque station d'étude (30\*30 m= 900m<sup>2</sup>). Les valeurs élevées sont enregistrées dans la partie septentrional du Sétifois représentées principalement par les formations forestière (zénaie , cedraie et subéraie). Les valeurs inférieures à 0.4 représentent les prairies. Le cèdre de l'Atlas dans les monts du Hodna se comporte différemment, car les valeurs de l'NDVI diminuent d'une manière irrégulière par rapport au mont des Babors.

---

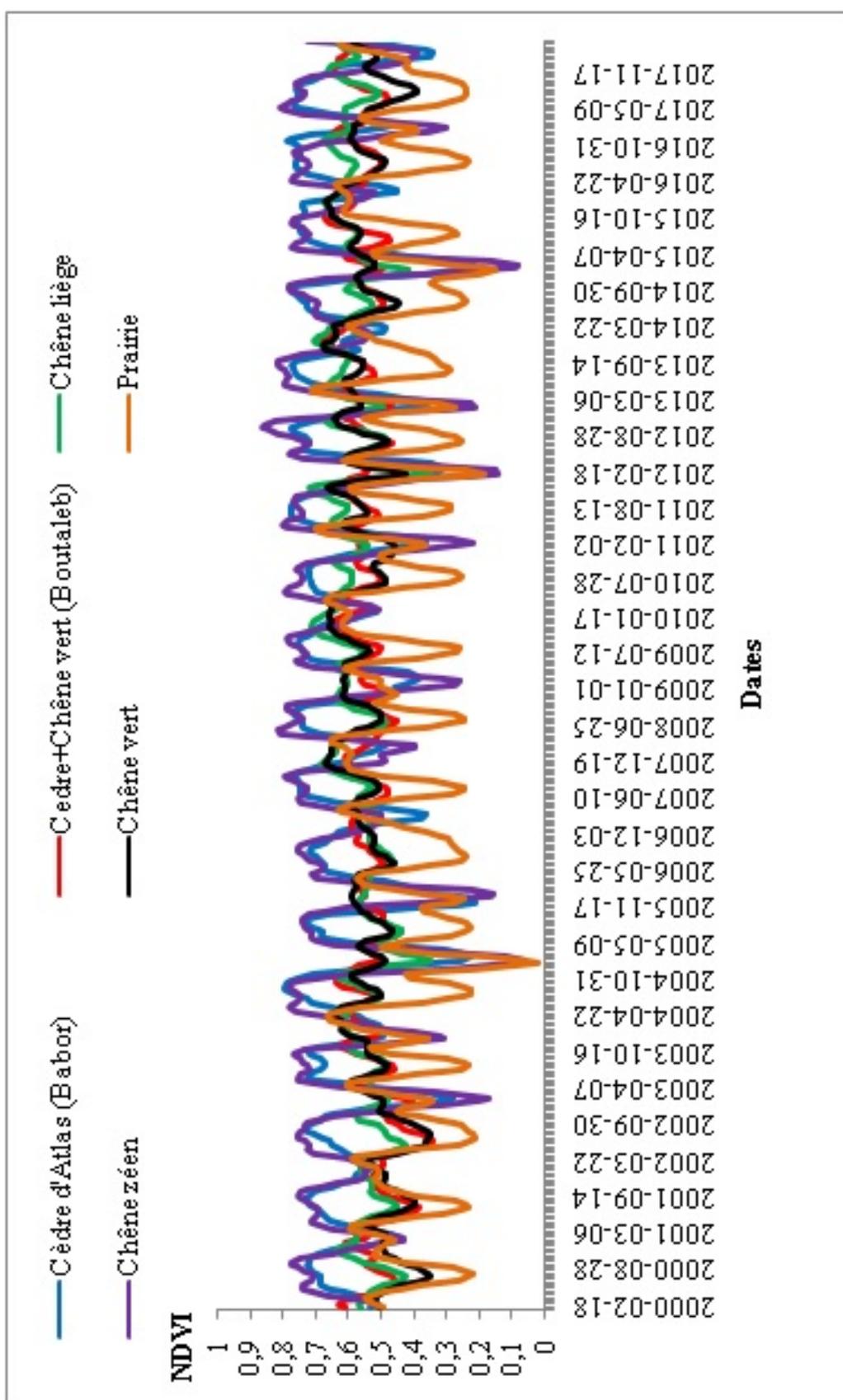


FIGURE 4.52 – Comportement de l'NDVI des six formations végétales du Sétifois

Les variations phénologiques de la végétation peuvent ainsi être représentées pour différents lieux d'analyse où ont été effectués des relevés de terrain. C'est dans ce cadre des échantillons des différents groupements que l'on a recours aux méthodes non paramétriques, dites encore « indépendantes de la distribution » (distribution free), qui reposent non pas sur les valeurs de la variable quantitative observée, mais sur les rangs qu'elles occupent dans la distribution. Les méthodes non paramétriques sont donc toujours valables, même quand les distributions sont normales. Toutefois, elles sont alors moins efficaces que les tests paramétriques, ce qui implique que pour obtenir une même puissance les échantillons doivent être d'effectif plus élevé. Le test de Kruskal-Wallis est la version non paramétrique de l'analyse de variance à un facteur sur les rangs. Il teste l'hypothèse nulle ( $H_0$ ) selon laquelle deux groupes ou plus proviennent de la même distribution, contre une hypothèse alternative ( $H_1$ ) selon laquelle au moins un des groupes provient d'une distribution différente. Il est équivalent au calcul d'une analyse de variance traditionnelle, mais il utilise les rangs des données et est insensible aux valeurs extrêmes. Le test de Friedman est une analyse de variance à deux facteurs sur les rangs pour des échantillons dépendants. Il s'agit d'un cas spécial d'analyse de variance à deux facteurs non paramétriques contenant pour chacun des différents groupes (généralement appelés blocs) un certain nombre d'observations, chacune représentant la réponse de ce groupe à un traitement particulier. Il teste l'hypothèse nulle ( $H_0$ ) que les effets des traitements sont les mêmes contre l'hypothèse alternative ( $H_1$ ) qu'au moins un des traitements a un effet différent des autres. Comme la plupart des autres tests non paramétriques, il travaille sur les rangs des données et est donc insensible aux valeurs extrêmes (Dalmay *et al*, 2003). Les principaux résultats des tests non paramétriques sont :

### Statistiques descriptive

Les valeurs de l'indice de végétation normalisé sont comprises entre 0.062 et 0.86. La valeur proche de zéros représente les sols dégradés, avec la présence d'une strate herbacée plus au moins claire. Les valeurs dépassants 0.45 représentent les formations végétales forestières et post forestières. La moyenne des valeurs de la série temporelle de l'NDVI est de l'ordre 0.55 (tab 4.22).

---

Tableau 4.22 – Analyse des données de l'NDVI de la série temporelle MODQ13

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Min	Max	Moyenne	Ecart-type
CE/157/ 5°28'8.4"E, 36°29'52.8"N	420	0	420	0,207	0,796	0,618	0,137
CE+CV/ 405°21'14.4"E, 35°44'6"N	420	0	420	0,347	0,679	0,548	0,058
CL/146/ 5°5'27.6"E, 36°32'56.4"N	420	0	420	0,355	0,722	0,576	0,066
CZ /157 / 5°40'15.6"E, 36°32'9.6"N	420	0	420	0,062	0,867	0,629	0,170
CV /85/ 5°14'13.2"E, 36°19'12"N	420	0	420	0,349	0,682	0,548	0,071
PR/110/ 5°21'14.4"E, 36°20'38.4"N	420	0	420	0,020	0,717	0,431	0,139

*CE : Cèdre ; CL : Chêne Liège ; CV : Chêne Vert ; CZ : Chêne Zéene ; PR : Prairie.*

### Test de Freidman

$H_0$  représente les échantillons proviennent de la même population et  $H_a$  représente les échantillons de population différentes. Etant donnée que la p- Value calculée est inférieure au niveau de signification  $\alpha= 0.05$  (seuil de signification est de 95%), on doit rejeter l'hypothèse nulle  $H_0$  et retenir l'hypothèse alternative  $H_a$  (tab 4.23).

Tableau 4.23 – Test de Friedman

Q (valeurs observée)	463.707
Q (Valeur critique)	11.070
DDL	5
p-value (unilatirale)	< 0.0001
Alpha	0.05

La répartition de la densité des échantillons testés. La valeur Q (observée) est égale à 463.707, et la valeur (critique) est égale à 11.070. Ce test est significatif au seuil de 95% (figure 4.53)

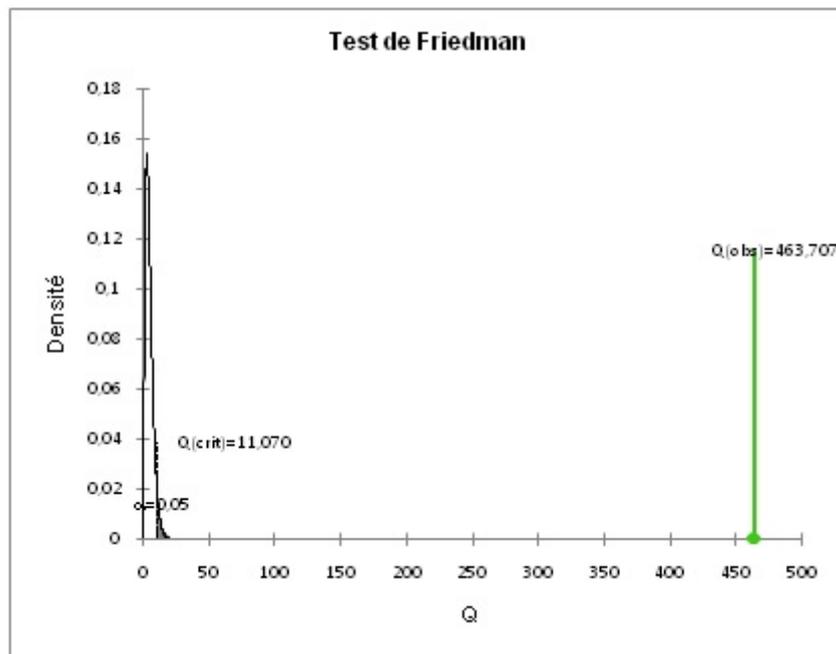


FIGURE 4.53 – Représentation graphique du test Friedman

### Comparaisons par paires

Le test nous montre que les chiffres en gras désignent la signification de la disposition des groupements végétaux par paires présente la comparaison des différents types de végétation (tab 4.24)

Tableau 4.24 – Analyse des données de l'NDVI de la série temporelle MODQ13

	CE - 157 – 5°28'8.4"E, 36°29'52.8"N	Cedre+CV - 40 – 5°21'14.4"E, 35°44'6"N	CL - 146 – 5°5'27.6"E, 36°32'56.4"N	CZ - 157 – 5°40'15.6"E, 36°32'9.6"N	CV - 85 – 5°14'13.2"E, 36°19'12"N	PRAIRIE - 110 – 5°21'14.4"E, 36°20'38.4"N
CE - 157 – 5°28'8.4"E, 36°29'52.8"N	0	<b>0,856</b>	0,014	0,338	<b>0,773</b>	<b>2,081</b>
Cedre+CV - 40 – 5°21'14.4"E, 35°44'6"N	<b>0,856</b>	0	<b>0,842</b>	<b>-1,194</b>	0,083	1,225
CL - 146 – 5°5'27.6"E, 36°32'56.4"N	0,014	<b>0,842</b>	0	0,352	<b>0,758</b>	<b>2,067</b>
CZ - 157 – 5°40'15.6"E, 36°32'9.6"N	0,338	<b>1,194</b>	0,352	0	<b>1,111</b>	<b>2,419</b>
CV - 85 – 5°14'13.2"E, 36°19'12"N	<b>-0,773</b>	0,083	<b>-0,758</b>	<b>-1,111</b>	0	<b>1,308</b>
PRAIRIE - 110 – 5°21'14.4"E, 36°20'38.4"N	<b>-2,081</b>	<b>-1,225</b>	<b>-2,067</b>	<b>-2,419</b>	<b>-1,308</b>	0

*Différence critique : 0,3709*

La comparaison multiples des valeurs de NDVI relève l'existence de trois groupes homogènes, le premier correspond à la prairie avec la moyenne la plus faible, le deuxième comprend les formations de Cèdre et chêne vert avec des valeurs moyennes, et le dernier groupe contient les formations forestière de chêne liège, cèdre et chêne zène avec les plus grandes valeurs (Tab 4.25).

Tableau 4.25 – Analyse des données de l'NDVI de la série temporelle MODQ13

Echantillon	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes
PR/110/ 5°21'14.4"E, 36°20'38.4"N	420	833,000	1,983	A
CE+CV/ 40/ 5°21'14.4"E, 35°44'6"N	1347,500	3,208	3,208	B
CV/85/ 5°14'13.2"E, 36°19'12"N	420	1382,500	3,292	
CL/146/ 5°5'27.6"E, 36°32'56.4"N	420	1701,000	4,050	C
CE/157/ 5°28'8.4"E, 36°29'52.8N	420	1707,000	4,064	
CZ/157/ 5°40'15.6"E, 36°32'9.6"N	420	1849,000	4,402	

La représentation graphique fournis par le traitement statistique nous montre la différence significative qui existe dans chacun des groupes A, B et C (fig 4.54).

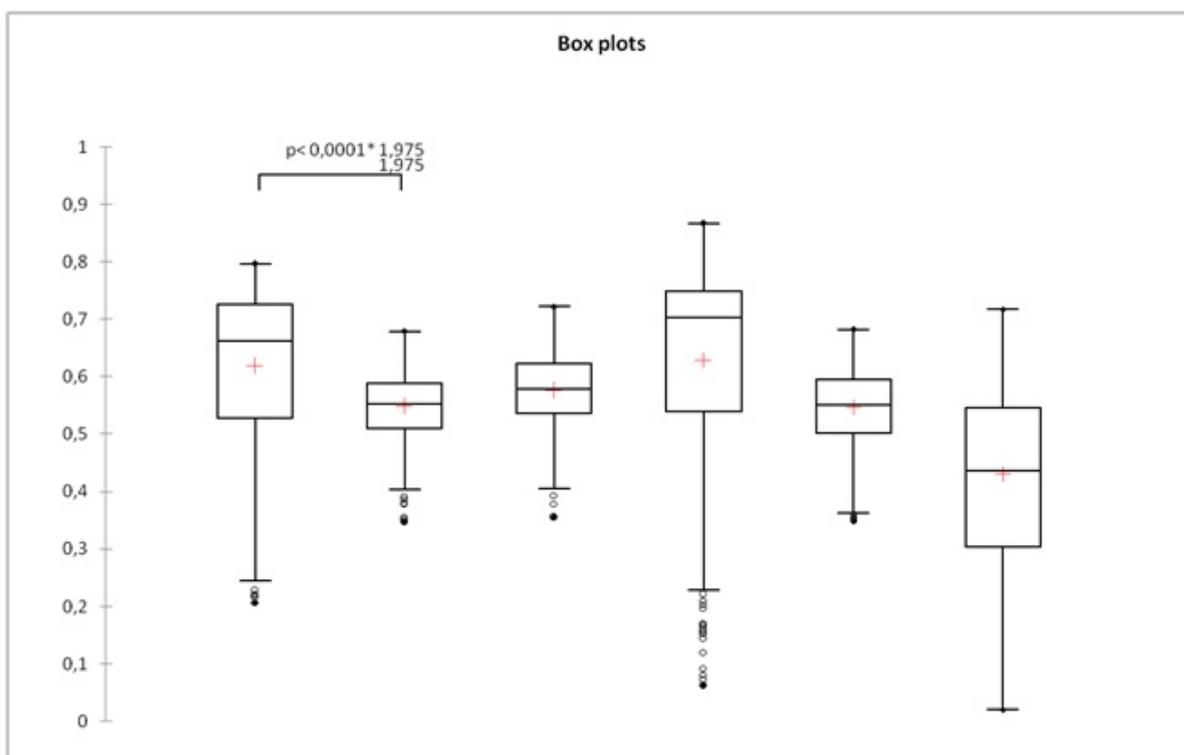


FIGURE 4.54 – Box plot de la comparaison des valeurs NDVI de type de végétation

Après les traitements statistiques de Freidman, nous avons constatés que les formations à Cèdre de l'Atlas se comportent différemment dans notre territoire d'étude ; ces résultats nous ont amené à choisir une méthode qui peut nous aider à comprendre ce comportement. La télédétection est reconnue comme un moyen puissant d'obtenir les informations sur les caractéristiques de la surface de la terre (Satyanarayana *et al*, 2001), à différentes échelles spatial et temporelles (Liang *et al*, 2015).

#### 4.4.3 Evolution de la phénologie des cédraies en fonction des précipitations (Enneigement, pluie)

La comparaison entre les valeurs de l' NDVI du Cèdre de l'Atlas dans les montagnes des Babors et de Boutaleb sont calculées à partir de l'image MODIS. La taille de la sphère est proportionnelle à la valeur de NDVI. Les résultats montrent que les valeurs de l'NDVI de la station des monts du Hodna sont réparties entre 0.15 et 0.65, sachant que les valeurs proches de zéro représentent la neige. Les valeurs de l'NDVI de la station des monts de Babors sont réparties entre 0.12 et 0.9. La diminution de la neige peut expliquer le dépérissement des cédraies des monts du Hodna qui se développe dans la partie méridional (fig 4.55).

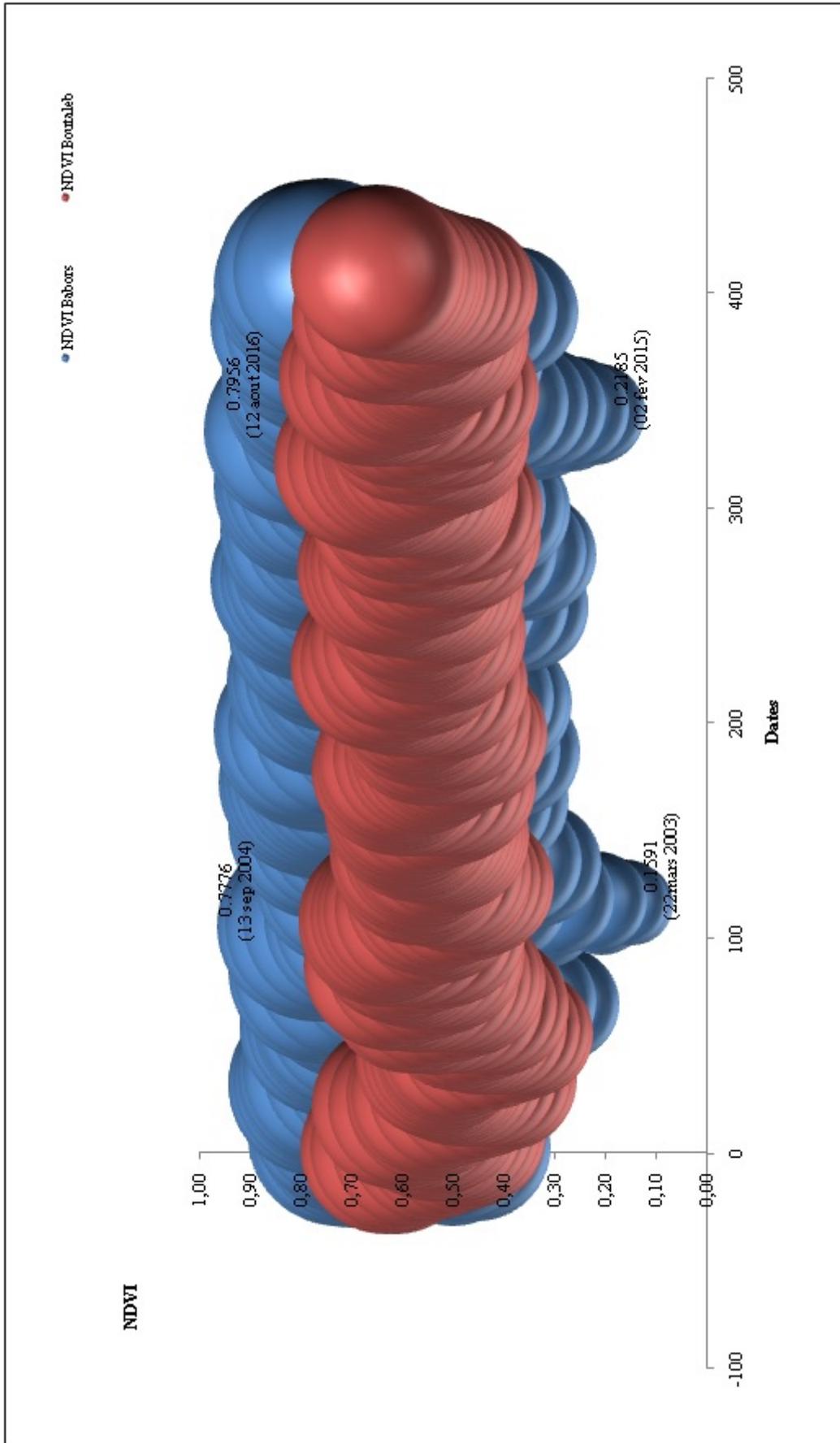


FIGURE 4.55 – Représentation de la répartition de l'NDVI du cèdre de l'Atlas dans les monts de Babors et Boutaleb

Les résultats du test t de Student montre la différence significative de l' NDVI télédéecté entre le Cèdre de l'Atlas des monts des Babors et les monts de Boutaleb (Tab 4.26).

Tableau 4.26 – Résultats du test Student

Différence	0.088
T (valeurs observée)	6.619
T (Valeur critique)	2.032
DDL	34
p-value (bilatirale)	< 0.0001
Alpha	0.05

Le diagramme à la boîte à moustache nous permis d'identifier la différence de la valeur minimale et maximale de l'NDVI. La valeur de l'NDVI de la station des Babors moyenne des 20 dernières années est située entre 0.594 et 0.694 alors que la valeur de l'NDVI de la station Boutaleb se situe entre 0.500 et 0.574. La cédraie dans les monts des Babors se comporte bien alors que la cédraie des mots du Hodna est une formation male venante. (fig 4.56)

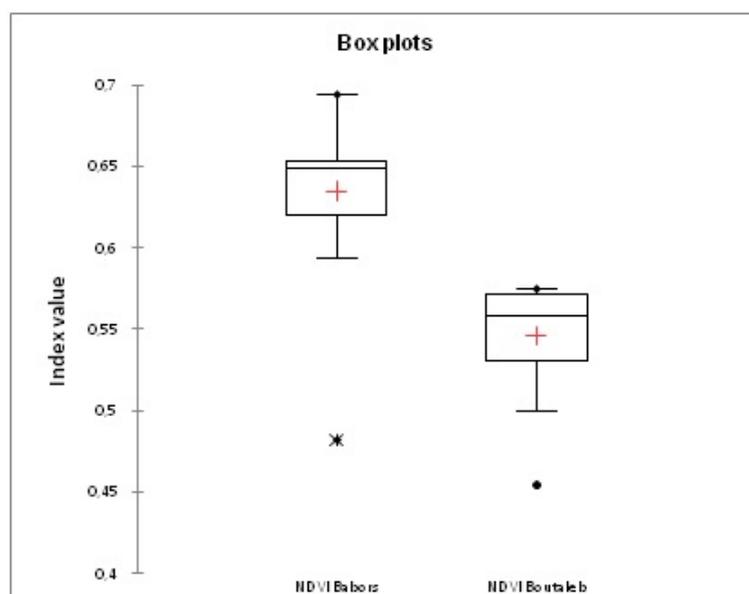


FIGURE 4.56 – Diagramme en boîte à moustache du NDVI de la forêt de Cèdres de l'Atlas des monts des Babors et de Boutaleb, dérivé d'images MODIS au cours de la période 2000 à 2018

Pour vérifier la différence entre le Cèdre de l'Atlas qui se développe dans la forêt de Boutaleb et la forêt des Babors et leur relation avec les précipitations et la variabilité de la

neige, nous avons utilisées les données des précipitations mensuelles et le nombre de jour de la neige s'étalant sur la période de 2000 à 2018, et des données spatiales issues de l'image MODIS (MOD Q13). L'indice de végétation normalisée (NDVI) a été choisi pour étudier les changements du comportement de Cèdre de l'Atlas dans les deux massifs.

Les résultats ont été analysés statistiquement en utilisant XLSTAT 2019. Le cèdre de l'Atlas de Babors peut être clairement distingué avec la parcelle en boîte haute à côté de la parcelle en boîte Boutaleb (figure 4.57).

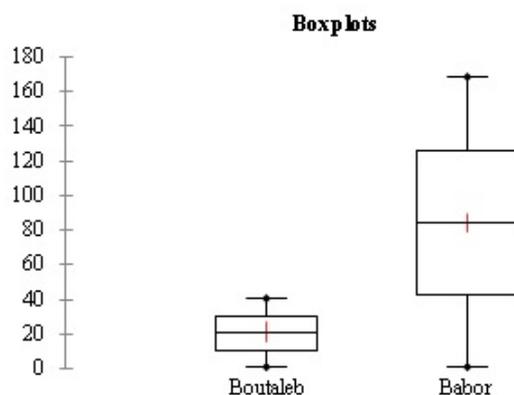


FIGURE 4.57 – Diagramme en boîte à moustache de régression linéaire des variables NDVI des monts Boutaleb et Babors

Pour mieux expliquer la différence entre les deux montagnes, nous avons utilisé une analyse de régression linéaire des valeurs NDVI au seuil de signification 5%. Les résultats obtenus sur la série pour le nombre total de jours de neige, compte tenu de la valeur de p associée à la statistique F calculée dans l'analyse de la variance (tab 4.27). Les informations fournies par les variables explicatives du NDVI de Babors étaient significativement meilleures par rapport à la variable neige ( $R^2 = 53\%$ ).

Tableau 4.27 – Régression linière des variables NDVI

	NDVI Babors	NDVI Boutaleb
$R^2$	0.531	0.006
F	18.106	0.102
Pr > F	0.001	0.753

Les images satellites générées à partir de MODIS peuvent être utiles pour détecter, mesurer, cartographier et surveiller la croissance de la végétation dans une zone topographiquement complexe, comme nous l'avons fait dans les montagnes Boutaleb et Babors. Des

analyses similaires avaient été menées pour étudier les profils phénologiques des forêts et des prairies de mélèzes alpins de la vallée d'Aoste, dans le nord-ouest de l'Italie, par Busetto *et al.*, 2010 et Colombo *et al.*, 2009, 2011 utilisant des séries chronologiques MODIS pour différentes périodes entre 2000 et 2009 en relation avec les facteurs climatiques et l'altitude. Nos résultats tout au long de la variation du NDVI dérivée de l'image MODIS ont montré des valeurs très importantes pendant la saison hivernale, ce qui a été expliqué au rôle des précipitations et de la neige. Plusieurs études basées sur des mesures de phénologie végétale ont montré que la croissance de la végétation pouvait être approchée avec la présence de neige, notamment dans les Alpes, un autre système montagneux méditerranéen, ont montré que les accumulations de la neige pouvaient l'emporter sur les effets favorables (Wipf *et al.*, 2010 ; Choler, 2015). L'étude de Choler (2015) a également présenté la phénologie des prairies dans les Alpes françaises en réponse à l'enneigement.

Enrichissant ces études concernant la réponse de la végétation à la neige, nos résultats nous permettent de mieux comprendre la phénologie de la cédraie. En général, nous pouvons dire que l'utilisation de la télédétection fournit des informations rapides sur la détection du changement dans le développement et/ou la diminution dans les forêts de leur surface au fil du temps et sur des zones relativement grandes. En Algérie, peu d'études ont été réalisées pour révéler la dynamique de la forêt de cèdre de l'Atlas au cours des deux dernières décennies, comme les recherches de Belloula et Beghami ,2018 pour les massifs de Chelia, ont trouvé le pourcentage élevé de diminution du cèdre de l'Atlas observé au cours de la période 1999-2016 pour la massif de Ouled Yagoub. L'étude a conclu que ce changement est probablement une conséquence du changement climatique (Belloula et Beghami 2018).

Nos résultats sont en accord avec ceux trouvés par Ilman *et al.*, 2014 dans le changement climatique connexe dans lequel le cèdre de l'Atlas dans un site forestier nommé "Taoalt" situé dans le Moyen Atlas oriental du Maroc a montré une réponse de croissance positive aux précipitations. Les précipitations ont été très importantes dans la croissance de ces forêts (Ilman *et al.* 2014). Dans d'autres études, Allen *et al.*, 2010 ont montré que la mortalité forestière était liée à des événements dus au stress climatique hydrique / thermique depuis 1970. De plus, Linares *et al.* (2011) ont signalé une augmentation des épisodes de sécheresse et de la température depuis les années 1970, et ont remarqué un déclin constant et une sensibilité accrue à la sécheresse dans les peuplements de *Cedrus atlantica* depuis le début des années 1980.

Pendant l'hiver, les précipitations dans les versants nord et en altitude tombent sous forme de neige plutôt que de pluie. L'augmentation observée peut s'expliquer par une plus grande dépendance à l'égard des accumulations de neige comme source d'eau, en plus de l'amélioration des conditions du sol. Ces phénomènes s'expliquent par la distribution du diagramme en boîte de régression linéaire des variables NDVI trouvées dans les montagnes Boutaleb

et Babors. En conclusion, il s'agit de l'étude phénologique du comportement spectrale de formations végétales dans le Sétifois vis-à-vis la variabilité climatique à l'aide de la télédétection. Les facteurs climatiques de précipitations et de la neige ont joué un rôle majeur dans les changements de la productivité végétale (NDVI) et l'humidité des plantes (NDMI) du territoire. Les analyses climatiques des écosystèmes forestiers de la province de Sétif (nord-est de l'Algérie) indiquent qu'il y a eu des années plus humides dans le passé qu'au cours des deux dernières décennies.

---



---

## Conclusion

L'Algérie fait partie de la région méditerranéenne subit les impacts du changement climatique. L'adaptation au changement climatique représente un défi pour le pays. Il est certain que le changement climatique peut avoir des effets uniques quant à la portée et à l'ampleur possibles de ses impacts, mais, parce que les humains se sont toujours adaptés aux changements de leur environnement, climatiques ou autres. Le but de l'adaptation n'est pas de maintenir la stabilité momentanée, étant donné que cela ne sera tout simplement pas possible pour la plupart des écosystèmes et pour beaucoup de systèmes humains, mais plutôt de réduire les impacts négatifs du changement climatique tout en tirant parti des nouvelles occasions qui peuvent se présenter. La réalité du réchauffement climatique et de ses répercussions est avérée, mais le suivi des transformations en cours n'en est pas moins crucial.

La recherche doit dégager la question du changement climatique, en l'intégrant aux dimensions sociales, économiques et géopolitiques, et mieux articuler les pratiques et les moyens d'action (Janicot et al., 2015). Cette approche, plus intégrée que jamais, doit permettre de faire le lien entre les dynamiques environnementales et sociétales dans leur diversité, ainsi que d'évaluer les capacités de résilience des écosystèmes et des populations. En prenant mieux en compte les pratiques locales, cette approche doit en outre permettre de construire des solutions conciliant adaptation au changement climatique, préservation de l'environnement et promotion d'un développement durable. Au niveau du Sétifois le climat à changer durant ces deux dernières décennies. Augmentation de la température moyenne mensuelle, diminution des précipitations influe sur le climat du Sétifois on tendance vers la secheresse. La saison sèche prolonge jusqu'à 7 mois.

La caractérisation du climat joue un rôle important dans le domaine de l'écologie et autres domaines, le calcul des bilans hydriques, l'utilisation des ressources en eau et la détermination des périodes où le déficit hydrique est le plus contraignant pour les espèces naturelles et le tapis végétal.

Les Précipitations ont diminuées durant la dernière décennie. La population, notamment les agriculteurs ont subi les modifications du climat. Les terrains du Sétifois sont à vocation céréalières, la trajectoire technique a changé, la date de semis a changée après le mois de novembre. Les modalités d'irrigations sont nécessaires, l'irrigation d'ap point fait l'objet des différentes adaptations vis-à-vis du manque des précipitations.

La végétation subit des modifications dans le comportement phénologique. Le nord abrite des montagnes culminant 2004 d'altitude (Les monts des Babors). C'est un milieu plus au moins conservé. Une végétation forestière importante, dont on a recensé les essences suivantes : *Cedrus atlantica*, *Abies numidica*, *Quercus canariensis*, *Populus tremula*, *Acer campestre* et *Acer obtusatum*. Ces espèces peuvent se développer en groupe, le cèdre avec le sapin ou bien le cèdre avec le chêne zèen ou en mélange. Dans cet écosystème le sapin de Numidie qui est une espèce endémique des Babors pousse à partir de 1800m d'altitude jusqu'au 1980m. La région d'Ain Sebt abrite le chêne liège et le chêne zèen associé avec le chêne afarès. Au Nord ouest, se trouve des montagnes de moyenne altitude, Bouandes, Bougaa, Ain roua, où se développe des formations à chêne vert, quelque vestige de chêne afarès à Bouandes. La partie sud représentée par les monts de Boutaleb est la limite méridionale du domaine Nord-africain méditerranéen. Le type de formation forestière est représenté par les forêts de conifères plus ou moins dense. Cette végétation est constituée essentiellement de *Cedrus atlantica* Manettiet de *Pinus halpensis* Mill. Les cédraies constituent les principales formations forestières d'altitude, elles sont présentes sur les versants Nord à partir de 1400 m d'altitude. On y trouve avec le cèdre ; *Quercus rotundifolia*, *Acer monspessulanum*, *Juniperus oxycedrus*. Alors que la pinède apparaisse à partir de 1000 m d'altitude.

Dans les plaines entre ces deux barrières, des petits monticules dispersés, abrite des formations a base des reboisements a pin d'Alep. Aussi dans ces pleine les cultures prennent place pour la céréaliculture principalement, bien sûr se trouves autres pratiques agricoles comme le tabac. Dans une ambiance climatique variée, l'évolution de ces écosystèmes dans le temps et dans l'espace varie. Notre réflexion a été menée dans un sens ; celui de l'impact des facteurs climatiques et leurs incidences possibles sur le comportement phénologique des types de végétation. Nos résultats montrent plusieurs combinaisons sur la répartition et le comportement du végétal vis-à-vis des facteurs climatiques, ainsi que le relief.

Nos résultats de recherches sur la disposition spatial des formations végétales, concerne l'étude de la topographie à l'aide du traitement du Model Numérique de Terrain (MNT), résolution 30 mètre. L'analyse statistique spatiale de la carte hypsométrique montre que le territoire de la région de Sétif présente une hétérogénéité importante, varie de 350 mètre jusqu'au 2004 mètre d'altitude ; c'est le point culminant (les monts des Babors) avec 62% de la superficie occupée par des altitudes allant de 601m à 1000m. Les pentes les plus dominants dans notre zone d'étude sont les pentes faibles (présente 66 % de la superficie total). Les

écosystèmes forestiers colonisent les pentes moyennes et fortes de l'ordre de 25%.

Les données issues de la station météorologique sur une période de 36 ans ont subi des traitements statistiques. Le mois de mai est le mois le plus pluvieux. On a observé qu'à partir de l'année 2007, il y a eu une rupture, décroissement du cumul pluviométrique qui s'est poursuivie jusqu'à l'année 2019. Les températures mensuelles présentaient deux ruptures positives avec une augmentation significative de la température maximale de l'ordre  $0.05^{\circ}\text{C}$  dans la saison hivernal. A partir de l'année 1997. La deuxième rupture de l'ordre de  $0.02^{\circ}\text{C}$ , avec une augmentation du cumul thermique qui s'est poursuivie jusqu'à l'année 2019. A partir de l'année 1997 le printemps tend vers un réchauffement remarquable. Une augmentation de l'ordre de  $0.05^{\circ}\text{C}$  a été enregistrée dans le mois d'Avril. Ici d'après les enquêtes, on parle de décalage de saison ; le printemps est décalé vers la saison estivale c'est-à-dire que l'été se propage à l'avance (fin avril). L'analyse du climat montre, l'augmentation significative de la température maximale du mois d'octobre de l'ordre  $0.08^{\circ}\text{C}$  ; ce résultat montre que les valeurs des températures automnales ont augmenté durant la dernière décennie. D'après les résultats des enquêtes, les agriculteurs affirme que l'hiver est devenu doux, manque des précipitations, et la neige, des températures élevées de l'hiver. Nos résultats de l'analyse du climat montrent qu'il y a réchauffement du climat à partir de l'année 2010. Concernant l'évolution des températures moyennes, minimales et maximales, la tendance est à la hausse pour toutes la zone d'étude, l'augmentation est très perceptible à partir de l'année 2007. Cette tendance exprime une entrée dans une séquence relativement douce, où des pics de températures sont enregistrés fréquemment. Cependant, cette hausse est plus importante dans l'hiver que dans les autres saisons. Quant aux précipitations, le régime enregistré est hétérogène. Nous remarquons que le relief joue un rôle très important dans la répartition des précipitations. Le gradient nord-sud caractérise le retrait de l'influence maritime au nord et l'établissement des influences des vents de sirocco au fur et à mesure que l'on pénètre au centre du Sétifois. Le régime inter annuel des précipitations, est un régime varié.

Pour, la saison humide est tardif durant la deuxième période (2010), elle commence au mois de novembre, nous enregistrons une certaine baisse durant l'hiver pour réapparaître, au début du printemps (avril et début mai). La période la plus sèche est, incontestablement plus longue dans la deuxième période (2010-2019) avec quatre mois et dix jours ; alors dans la première période (1982-2009) nous avons enregistrée trois mois et dix jours.

La télédétection représente des techniques qui nous renseignent et qui nous fournis des données spatiotemporelles. Dans notre recherche nous avons traité deux types des données : Les données issues des images LandSat (2007 jusqu'au 2019), et des données issues des images MODIS (série temporelle : de 2000 jusqu'au 2018).

Les indices NDVI et NDMI calculés à partir des images satellites Land SAT nous permet de suivre le comportement des formations végétales dans la région d'étude. Nos résultats,

concernant l'NDVI indique que la superficie de la végétation et surtout les formations forestières ont subi une dégradation importante de l'ordre de 4.9% dans la période estivale et de l'ordre de 11.24% dans la période hivernale. L'analyse fréquentielle a permis d'élaborer des cartes de la végétation (NDVI), pour les périodes ciblées. Le suivi spatio-temporel de la couverture végétale du sol dans le Sétifois à l'aide d'imageries satellitaires est d'une importance capitale pour ce couvert végétal, ainsi que sa variation spatiale et temporelle. Dans l'analyse des superficies de l'indice de la végétation, il existe une légère tendance à la baisse entre la période de 2007 jusqu'au 2019. Pour la saison estivale, et l'hivernale, le pourcentage de la superficie occupée par les essences forestières et post forestières a diminué. Pour le deuxième indice celui de l'NDMI, les mêmes superficies sont dégradées durant les 14 années.

Les résultats de l'NDMI confirment la dégradation du couvert végétale, puisque les valeurs de cet indice dans la période hivernale ont diminués de l'ordre de 0.82% de la superficie occupée dans l'année 2007. Même résultats enregistrés dans la période estival, une diminution de l'ordre de 0.39% de la superficie des formations forestières. L'analyse statistique fait ressortir une corrélation positive entre les valeurs de NDVI et NDMI, ce qui explique sur le plan physiologie, de la plante que les phénomènes de l'évapotranspiration changent avec la densité du couvert végétale et aussi avec la disponibilité de l'eau que se soit à la surface de la terre ou au niveau de la plante. l'évapotranspiration joue un rôle capital pour l'évaluation des aptitudes climatiques d'une région donnée ; elle est considérée comme l'indicateur du développement optimal de la végétation ; elle est à la fois cause et conséquence du climat (Calanca et al., 2010) et récemment elle est utilisée comme un indicateur d'intérêt dans les études concernant les changements climatiques (GIEC, 2013).

Nos résultats issus des images MODIS, montrent que les formations forestières et post forestière se répartissent en trois groupes homogènes dont on a enregistré une différence de la cédraie de Boutaleb par rapport à celle des Babors ; l'NDVI calcule la différence de réflectance entre le rouge et le proche infrarouge. Plus cette différence est importante, plus la végétation sera dynamique et le NDVI proche de 1. Cet indice permet, d'effectuer une classification de l'occupation du sol. De part l'aspect temporel mis en avant sur notre zone d'étude (entre Babors et Boutaleb), cet indice permet également de suivre la phénologie de la végétation. Il est ainsi possible de déterminer l'usage des sols (Patakamuri et al., 2014) Les facteurs de précipitation et le nombre de jours de neige influent sur la phénologie des espèces forestières notamment sur les cédraies , car l'analyse statistique de NDVI des deux stations (Babors et Boutaleb) via la neige répond d'une signification de 54,3% sur la répartition spatial de l'NDVI de la série temporelle, alors que dans les monts de Boutaleb il ya eu des dépérissements des ces écosystèmes fautes de l'absence de la neige et l'enneigement(Missaoui et al., 2020). puisque dans cette région la neige couvre les sommets mais comme, nos résultats ont montrés que la températures à augmenté et un décalage des saisons

se propage, aussi l'influence des vent chauds (Sirocco), peuvent engendré des modifications du climat et ça se répercute sur le comportement phénologique du cèdre.

## **Perspectives**

Au niveau des perspectives prolongeant ce travail, il est nécessaire d'approfondir plusieurs aspects, qui pour une raison ou une autre, n'ont pas été abordés. Notamment, il faudrait mesurer les périodes du stress en fonction de la physiologie des cédraies, car cela nous semble très important afin d'évaluer les réactions des végétaux au changement climatique ; il faudrait aussi faire le suivi de la végétation grâce à des images à plus haute résolution spatiale et a plusieurs dates ; en fin, il conviendrait de continuer le suivi des données climatiques à Sétif et d'approfondir l'étude des formations végétales forestières. Effectuer des relevés comparatifs dans le sens d'établir une démarche, pour mieux comprendre l'état des écosystèmes forestiers dans le Sétifois. . L'étude du sol est recommandée dans l'élaboration d'une analyse du comportement des différentes formations par rapport à ce facteur à travers le territoire d'étude.

---



---

# Bibliographie

ALEXANDERSSON H. (1986). A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of climatology*.(6) :661-675.

ALEXANDERSSON H., MOBERG A. (1997). Homogenization of swedish temperature data. Part 1 : Homogeneity test for linear trends. *International journal of climatology* (17) : 25-34.

ALEXANDRIDIS T K., LAZARIDOU E., TSIRIKA A., ZALIDIS G C. (2009). Using Earth Observation to update a Natura 2000 habitat map for a wetland in Greece. *Journal of Environmental Management* Volume 90, Issue 7, P 2243-2251.

ALLEN CD., MACALADY AK., CHENCHOUNI H., BACHELET D., MCDOWELL N., VENNETIER M .(2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. *For Ecol Manag* 259 : 660-684.

ALIYAT T. (2018). Les écosystèmes humides des hautes plaines orientales algériennes Biodiversité : Préservation et Valorisation. Thèse Doc. Univ, Ferahat ABBAS, Sétif1.151p.

ANTOGNELLI S. (2017). NDVI and NDMI vegetation indices : instructions for use Philippe Dubuisson : Glossaire des grandeurs radiatives *Revue : La Météorologie*-n°97 mai2017 p102-105.

ANTOGNELLI S. (2018). NDVI and NDMI vegetation Indices : Instructions for use. Accessed 25 July 2018, <https://www.agricolus.com/en/indici-vegetazione-ndvi-ndmi-istruzioni-luso>.

AFAYOLLE A. (2008). Structure des communautés de plantes herbacées sur les grands Causses ; Stratégies fonctionnelles des espèces et interactions interspécifiques. Thèse Doct. Univ. Montpellier Supargo, CNRS., 225 p.

BAAZIZ N. (2006). Occupation spatio-temporelle de la Sebkhet Bazer-Sakra (El-Eulma, wilaya de Sétif) par l'avifaune aquatique. Thèse de Magister, Université d'Oum El-Bouaghi, 73 p.

BAMBA I., MAMA A., NEUBA D., KOFFI K.J. (2008). Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Bas-Congo (R.D. Congo). *Sciences et Natures*, Vol. 5 (1) : 49 - 60.

BARBAULT F. (1995). *Ecologie des peuplements : structure et dynamique de la biodiversité*. Masson éd. Paris, 278 p.

BARBAULT F. (2000). *Ecologie générale : structure et fonctionnement de la biosphère*. 5<sup>ème</sup> éd. DUNOD éd. Paris, 326 p.

BARBÉRO M., BONIN G., QUÉZEL P. (1971). Signification bioclimatique des pelouses écorchées sur les montagnes du pourtour méditerranéen, leurs relations avec les forêts d'altitude - Coll. Interdiscipl. Milieux Nat. Supraforestiers Mont. Bassin Occ. Médit., Perpignan : 17-56.

BARBÉRO M., QUÉZEL P. (1975). Les forêts de sapin sur le pourtour méditerranéen. *An. Inst. Bot. Cavanilles*, 32 (2) : 1245-1289.

BARRY J P., CELLES J.C., ET FAUREL L. (1976). Notice de la carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques. Feuille d'Alger au 1/1.000.000. C.R.B.T., Alger : 42 p.

BAUDRY J., BUNCE R G., BUREL F., HEDGEROWS. (2000). An international perspective on their origin, function and management. *J. Environ. Manag.*, 60, 7 ?22.

BAUDRY J., BUREL F., THENAIL C., LE COEUR D A. (2000). Holistic landscape ecological study of the interactions between farming activities and ecological patterns in Brittany, France. *Landsc. Urban Plan*, 50, 119-128.

---

BEAULIEU C., TAHA B M., OUARDA J., OUSMANE S. (2007). Synthèse des techniques d'homogénéisation des séries climatiques et analyse d'applicabilité aux séries de précipitations, *Hydrological Sciences Journal*, 52 :1, 18-37, DOI : 10.1623/hysj.52.1.18.

BELDJAZIA A., ALATOU D. (2016). Precipitation variability on the massif Forest of Mahouna (North Eastern-Algeria) from 1986 to 2010. *Intl J Manag Sci Buss Res* 5 (3) : 21-28.

BELDJAZIA A. (2016). Les perturbations climatiques et leurs incidence possibles sur les écosystèmes forestiers de la Mahouna . Thèse doc université Constantine. P 139.

BELLOULA S., BEGHAMI Y. (2018). Assessment of the dynamic of Atlas Cedar Decline(*Cedrus atlantica* Manetti) by Remote sensing in the Aurès area, Algeria. *The Arab World Geographer / Le Géographe du monde arabe* 21 (2-3) : 154-167.

BENGUERAI. (2009). Contribution à l'élaboration d'un SIG pour une région steppique : wilaya de Naâma (Algérie) Université de Alicante page 25.

BENSETTITI F. (1995). Contribution à l'étude phytosociologique des ripisylves du nord de l'Algérie. Essai de synthèse à l'échelle de la Méditerranée occidentale. Thèse Doctorat en science, université Paris Sud, Centre d'Orsay.

BLANDIN P., LAMOTTE M. (1988). Recherche d'une entité écologique correspondant à l'étude des paysages : la notion d'écocomplexe. *Bull. Ecol.*, 19.

BLONDEL J. (2008). Changements globaux, état des connaissances : situations et perspectives, forêt méditerranéenne, t. XXIX, n°02.pp 119-126.

BOULAACHEB N., GHARZOULI R., DJELLOULI Y. (2005). Approche phytosociologique du Djebel Megriss (nord de Sétif, Algérie). *Bull. Soc. Bot. du Centre Ouest, Nouvelle série*, 6 : 345-362.

BOUNAR R. (2001). Etude phytoécologique, cartographie et aménagement du Massif des Babors. Mémoire de Magister. Univ. F. Abbas, Sétif.

BOUNAR R. (2014). Study of biological potentialities mapping and development of the chain of Babors in the sustainable development approach. [Dissertation]. Setif Univ., Algeria. [France].

---

- BOURGAA T. (2018). Impact des changements climatiques (précipitations et températures) sur la production agricole en zone semi aride : cas de la région de Sétif Thèse de doctorat univ Sétif1 .166p.
- BONN F., ROCHON G. (1992). Précis de Télédétection : Principes et Méthodes, Québec, Presses de l'université de Québec AUPELF, vol. 1, P485.
- BUIHAND T A. (1982). Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. J. Hydrol. 58, 11-27.
- BUIHAND T A. (1984). Tests for detecting a shift in the mean of hydrological time series. J. Hydrol. 73, 51 ?69.
- BUREL F., DECAMPS H., LEFEUVRE J c. (1989). Le paysage, un niveau d'étude des écosystèmes. In : Gestion des systèmes écologiques, Colloque AFIE, Bordeaux, 1987, 5-14
- BUREL F. (1991). Dynamique d'un paysage ; réseaux et flux biologiques. Thèse d'Etat, Université de Rennes 1, 235 p.
- BUREL F. (1994). Ecologie du paysage et biodiversité. Bio, sciences de la vie (lettres des départements scientifiques du CNRS), 43(Avril), 9.
- BUREL F., BAUDRY J. (1999). Ecologie du paysage. Concepts, méthode et applications. TEC & TOC. Paris, 359 p.
- BUREL F., et BAUDRY J. (2003). Ecologie du paysage ; Concepts, méthodes et applications. Paris, France : Tec et Doc. 359 pp.
- BURROUGHS W. J. (2007). Climate change : a multidisciplinary approach (2nd Ed.). Cambridge University Press, UK, 390 pp.
- BUSETTO L., COLOMBO R., MIGLIAVACCA M., CREMONESE E., MERONI M., GALVAGNO M., ROSSINI M., SINISCALCO C., MORRA DI CELLA U., PARI E. (2010). Remote sensing of larch phenological cycle and analysis of relationships with climate in the Alpine region. Glob Chang Biol 2010 : 2504-2517.
-

BROECKER W S. (1975). Climatic Change : Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming ?. Science : 189, 460-463 P.

BOGAERT J., MAHAMANE A. (2005) - Ecologie du paysage : cibler la configuration et l'échelle spatiale. Annales des Sciences Agronomiques du Bénin (7) 1 : 39-68.

BOUZERZOUR H., DEKHILI M. (1995). Heritability's, gains from selection and genetic correlations for grain yield of barley grown in two contrasting environments. Fields Crops Res 41 : 173- 178 P.

BRYSON R A. (1970). Climatic Effects of Atmospheric Pollution. Glob Effects Environ-menta Pol : 130 ?138 P.

BROHAN P., KENNEDY JJ., HARRIS I., TETT SFB., JONES PD. (2006). Uncertainty Estimates in Regional and Global Observed Temperature Changes : A New Dataset from 1850, ? J Geophys Res 111 : D12106. DOI : 10.1029/2005JD006548.

BROSSIER A., BRUN J-P., DEFFONTAINES J-L., FIORELLI P L., OSTY, M., PETIT M., ROUX , LECLERC V. (2008). Quels paysages avec quels paysans ? Les Vosges du Sud à 30 ans d'intervalle. Éditions Quae.

BURROUGHS W. J. (2007). Climate change : a multidisciplinary approach (2nd Ed.). Cambridge University Press, UK, 390 pp.

CALANCA P., HOLZKÄMPER A. (2010). Conditions agro-météorologiques du Plateau suisse de 1864 à 2050. Recherche Agronomique Suisse1(9), pp. 320-325.

CAMARERO J., GUTIÉRREZ E. (2004). "Pace and pattern of recent tree line dynamics : response of ecotones to climatic variability in the spanish pyrenees". Climatic Change 63 :181-200.

CARVALHO L M T D., CLEVERS J G P W., SKIDMORE A K., JONG S M D. (2004). Selection of imagery data and classifiers for mapping Brazilian semideciduous Atlantic forests, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 5 (3), 173-186.

CIZEL O. (2006). Les différentes définitions des zones humides et leurs implications. Source : documentation du Conservatoire des Espaces Naturels du Languedoc-Roussillon, Montpel-

lier, France.

CHEIKH A M. (2006). Facteurs du milieu, gestion sylvicole et organisation de la biodiversité : les systèmes forestiers de la montagne de Lure (Alpes de Haute-Provence, France). Thèse Doct. Univ. Paul Cezanne Aix-Marseille III, 216 p.

CHERMAT S. (1998). Les étages de végétations en Algérie Nord orientale, approche phytosociologique. Thèse de Magister. Univ. F. Abbas, Sétif, 114 p.

CHERMAT S. (2012). Etude phytosociologique et pastorale des djebels Youssef et Zdimm(Hautes plaines Sétifiennes) thèse de doctorat université Sétif 1,263p.

CHOUQUER G. (2000). L'étude des paysages : essai sur leur forme et leur histoire, France, Paris.

CHOURGHAL N. (2016). Impacts des changements climatiques sur la culture du blé dur en Algérie. Thèse de doctorat . ENSA Alger.173 P.

CHRISTENSEN H., SRINIVANS R., TAN C H., SURANA U., DONG C H., CHUA N H .(1996). Arabidopsis profilins are functionally similar to yeast profilins : identification of a vascular bundle ?specific profilin and a pollen ?specific profilin The plant Journal .10(2) 269-279.

CHUVIECO E. (1996). Fundamentos de Teledetección Espacial. Ediciones Rialp S.A. Madrid. 568 pp.

CHUVIECO E., COCEROA D., RIAN D., MARTIN P., MARTIENEZ-VEGAC J., DE LA RIVAD J., PEREZ F. (2004). Combining NDVI and surface temperature for the estimation of live fuel moisture content in forest fire danger rating. Remote Sensing of Environment (92) 322-331P.

COLLINS M, et al. (2013). Long-Term Climate Change : Projections, Commitments and Irreversibility, in Climate Change 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press (2013).

COLOMBO R., Busetto L., Migliavacca M., Cremonese E., Meroni M., GAL-

---

VAGNO M., ROSSINI M., SINISCALCO C., MORRA DI CELLA U. (2009). On the spatial and temporal variability of Larch phenological cycle in mountainous areas. *Rivista Italiana di Telerilevamento* 41 : 79-96.

COLOMBO R., BUSETTO L., FAVA F., DI MAURO B., MIGLIAVACCA M., CREMONESE E., GALVAGNO M., ROSSINI M., MERONI M., COGLIATI S. (2011). Phenological monitoring of grassland and larch in the Alps from Terra and Aqua MODIS images. *Rivista Italiana di Telerilevamento* 43 : 83-86.

CORCORAN J., KNIGHT K., BRISCO B., KAYA S., CULL A., MURNAGHAN, K. (2011). The integration of optical, topographic, and radar data for wetland mapping in northern Minnesota. *Canadian Journal of Remote Sensing*, Vol. 37(No. 5) : pp. 564-582. doi : 10.5589/m11-067.

COSSON E. (1862). Considérations générales sur l'Algérie, étudiée surtout au point de vue de l'acclimatation - Soc. Bot. De France : 498507.

COSSON E. (1879). Le règne végétal en Algérie. Conférence de l'Association Scientifique de France. P 75.

COSTANZA R., D'ARGE R., DE GROOT., FARBERK S., GRASSO M., HANNON B., LIMBURG K., NAEEM S., O'NEILL R V., PARUELO J., RASKIN R G., SUTTONK P., VAN DEN BELT M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253-260.

COSTELLO A, ABBAS M, ALLEN A, et al. (2009). Managing the health effects of climate change. *Lancet* 373 :1693-1733. Doi : 10.1016/S0140-6736(09)60935-1

DAGET P. (1977a). Le bioclimat méditerranéen : caractères généraux, méthodes de classification, *Vegetatio*, 34(1), 1-20.

DAGET P. (1977b). Le bioclimat méditerranéen : analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Vegetatio*, 34(2), 87-103.

DALMAY F., PREUX P M., DRUET CABANAC M., VERGNENEGRE A.(2003). Qu'est-ce qu'un test non paramétrique ? *Revue des Maladies Respiratoires* Vol 20, N) 6-C1 décembre 2003 pp 955-958.

---

DAVIS M A., PERGL J., TRUSCOTT A M., KOLLMANN J., BAKKER J P., DOMENECH R., PRACH K., PRIEURRICHARD A H., VEENEKLAAS R M., PYSEK P., DEL MORAL R., HOBBS R J., COLLINS S L., A. PICKETT S.T., REICH P.B. (2005). Vegetation change : a reunifying concept in plant ecology. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.*, 7 (1) : 69-76, doi : 10.1016/j.ppees.2004.11.001.

DELCROS Ph. (1993). *Ecologie du paysage et dynamique végétale post-culturale en zone de montagne*. Thèse de Doctorat, Université J. Fourier, Grenoble, 273.

DELONG D C. (1996). Defining biodiversity. *Wildlife Society Bulletin*, 24 : 738-749.

DELPOUX M. (1972). Ecosystème et Paysage. *Revue de géographie des Pyrénées du Sud-Ouest (Toulouse)*, 41(2), 157-174.

DIAZ H. F., PULWARTY R S. (1994). An analysis of the time scales of variability in centuries-long ENSO-sensitive records. *Climate Change* 26 : 317-342.

DIBI N'DA H., KOUAKOU N'GUESSAN E., EGNANKOU WADJA M., AFFIAN K. (2008). Apport de la télédétection au suivi de la déforestation dans le parc national de la marahoué (côte d'ivoire). *Revue Télédétection*, vol. 8, n° 1, p. 17-34.

DJEBAILI S. (1984). *La steppe algérienne. Phytosociologie et écologie*. Ed. O.P.U. Alger 177 P.

DJEBAILI S. (1994). Les groupements forestiers de l'Algérie humide et subhumide (synthèse mettant en relief la répartition des unités syntaxonomiques dans les étages de végétation). *An. Inst. Sup. Agr. Lisboa XLIV 1* : 57-73 P.

DJENBA S. (2015). *Influence des paramètres : géologique, géomorphologique et hydrogéologique sur le comportement mécanique des sols de la wilaya de Sétif (Algérie)*. Thèse de doctorat, Université Mohamed kheider, Biskra. 222 p.

DONADIEU P. (1985). *Géographie et écologie des végétations pastorales méditerranéennes*.

DONADIEU P. (2012). *Science du paysage. Laboratoire de recherche sur l'agriculture urbaine*. 274p.

---

DUBUISSON P. (2017) . Glossaire des grandeurs radiatives. Journal, LaMétéorologie-n°97-mai2017. P :102-105.

DUBREUIL V., DEBORTOLI N. (2012). Impact of land-cover change in the southern amazonia climate : a case study for the region of alta floresta, Mato Grosso, Brazil. *Environmental Monitoring And Assessment*, 184(2), 877-891.

DUCARME M F., VAN BELLE L., VAN DEN BERG J.,VEESCHKENS C.(2006). Le combat d'Al Gore contre le réchauffement de la planète. Dossier D'accompagnement pour mener un débat et passer à l'action. Rapport. 47p.

DUCHIRON SM., SCHNITZLERB A. (2009). La forêt face aux changements climatiques : de la gestion productiviste à une sylviculture de l'écosystème. France, Paris. *Courrier de l'environnement de l'INRA n° 57*. 35 P.

DUPLESSY J C. (2005). Les accidents climatiques brutaux et localisés et leurs conséquences, *C. R.Geoscience* 337, pp. 881 ?887.

EMBERGER L. (1942). Un projet d'une classification des climats du point de vue phytogéographique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 77, 97-124.

EMBERGER L. (1955). Une classification biogéographique des climats. *Nature. Monspl. Série botanique.*, (7) : 3-43.

ENONZAN F B. (2010). Utilisation de la télédétection et des SIG dans la gestion durable des aires protégées : cas des forêts classées de Dogo-Kétou au Bénin. Mémoire de DESS en en Production et Gestion de l'InformationGéographique, [www.rectas.org](http://www.rectas.org), Campus universitaire Obafemi Owolowo, Ilé-Ifè, Nigéria, pp.49-50,85p.

FADY B. (2005). Is there really more biodiversity in Mediterranean forest ecosystems ? *Taxon*, 54, 905 ?910.

FAO. (2000). Planification intégrée et gestion des terres. Mise en valeur durable des montagnes. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 15 p.

FAO. (2001). Evaluation des ressources forestières mondiales 2000 - rapport principal. Etude

---

FAO, Forêts n° 140. Rome.

FILION R. (2015). Cartographie régionale de l'humidité des sols en milieu semi-aride avec l'utilisation d'images satellitaires Thèse présentée pour l'obtention du grade de Philosophiae doctor (Ph.D.) en sciences de l'eau p.221.

FORMAN R T T., GODRON M. (1986). Landscape Ecology. New-York : John Wiley and Sons.

FRANKLIN J., SERRA-DIAZ J M., SYPHARD A D., REGAN H.M. (2016). Global change and terrestrial plant community dynamics. Proc. Natl. Acad. Sci., 113 (14) : 3725 3734, doi : 10.1073/pnas.1519911113.

FRAZIER G L. (1999). Organizing and managing channels of distribution. Journal of the Academy of Marketing Science, volume 27, p 226-240.

FRIED G. (2019). Apports des approches fonctionnelles pour l'évaluation des risques associés aux changements de végétation induits par les activités humaines. Habilitation à diriger des recherches, Université de Montpellier

FRINDEL H., GUICHARD J. (1980). Dictionnaire de l'écologie et de l'environnement. Ed. Larousse. Paris, 283p.

GAMISANS J. (1991). La végétation de la Corse. Ed. des Conservatoires et Jardin botaniques de la Ville de Genève, Genève, 391 p.

GASTON K J., SPICER J.I. (2004). Biodiversity an introduction. Blakwell Publishing :191.

GEBHART R . (1967). On the significance of the shortwave CO<sub>2</sub>-absorption in investigations concerning the CO<sub>2</sub>-theory of climatic change. Theo Appl Climato 15 : 52-61. doi :10.1007/BF02319110.

GIEC. (2001). Troisième Rapport d'Evaluation complet (TAR) du GIEC (IPCC). Changement climatique : les preuves de sa réalité et de ses causes, la première évaluation de ses menaces.

GIEC. (2013). Rapport de synthèse du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution

---

du climat. Contribution du Groupe de travail au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, 28 P.

GHARZOULI R. (1989). Contribution à l'étude de la végétation de la chaîne des Babor. Analyse phytosociologique des djebels Babor et Tababart. Thèse de Magister, Institut des sciences naturelles de l'enseignement supérieur, Sétif, Algérie, 235 p

GHARZOULI R., DJELLOULI Y. (2005) a. Diversité floristique de la Kabylie des Babors (Algérie). *Sécheresse*, 16 : 217-223.

GHARZOULI R., DJELLOULI Y. (2005) b. Diversité floristique des formations forestières et préforestières des massifs méridionaux de la chaîne des Babors (djebel Takoucht, Adrar ou Mellal, Tababart et Babor) Algérie. *J. Bot. Soc. Bot. France* 29 : 69-75.

GHARZOULI R. (2007). Flore et végétation de la Kabylie des Babors. Etude floristique et phytosociologique des groupements forestiers et post forestiers des Djebels Takoucht, Thèse de doc .uni sétif .148p

GILLET F. (2000). La phytosociologie synusiale intégrée. Guide méthodologique Mars 2000 1ère édition mars 1994 4ème édition revue et corrigée. université de Neuchâtel ? institut de botanique laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie rue émile-argand 11 ch-2007 neuchâtel 68p.

GITELSON A., KAUFMAN Y J., STARK R., RUNDQUIST D. (2002). Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. *Journal, Remote sensing of environment*. Volume 80, Issue 1. P 76-87.

GODARD V. (2020). Cours de télédétection. Quelques missions de télédétection satellitale. Université de Paris 8. [Www.univ-paris8.fr](http://www.univ-paris8.fr). Site consulté le mai 2020.

GODRON M. (2012). *ÉCOLOGIE ET ÉVOLUTION DU MONDE VIVANT (VOLUME 1) : La vie est une transmission d'information*. Edition L'Harmattan.

GOUNOT M. (1961). Les méthodes d'inventaire de la végétation. *Bull. Serv. Carte Phyto-géogr., série B*. VI (1) : 7-73.

GOUNOT M. (1969). *Méthodes d'étude quantitative de la végétation*. Masson, Paris 314 p.

---

GOUGA H. (2014). Biodiversité faunistique à Sebket Bazer (Sud de Sétif) connaissance et conservation. Mémoire magister .Université Sétif1. 163P.

GUINOCHET M. (1973). La Phytosociologie.Masson éd., Paris, 227 p

HANSEN M C., STEHMAN S V., POTAPOV P V., LOVELAND T R., TOWNSHEND J R G., DEFRIES R S., PITTMAN K W., ARUNARWATI B., STOLLE F., STEININGER M.K. (2008). Humid tropical forest clearing from 2000 to 2005 quantified by using multitemporal and multiresolution remotely sensed data. Proc. Natl. Acad. Sci. 105, 9439 ?9444.

HANSEN M C., STEHMAN S V., AND POTAPOV P V. (2010). Quantification of global gross forest cover loss. Proc. Natl. Acad. Sci. 107, 8650 ?8655.

HUANG Z., LEES B. (2005). Representing and reducing error in natural resource classification using model combination. Int. J. Geog. Inf. Sci., 19(5), 603-62

HUBERT-MOY L., MICHEL K., CORPETTI T., CLEMENT B. (2006). "Object-oriented mapping and analysis of wetlands using SPOT 5 data", 3347-3350 in : International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Denver. DOI : 10.1109/IGARSS.884.

HUEMMERICH F., GAO F., KUTLER J., and LIM T.K. (2006). A Landsat surface reflectance data set for North America, 1990- 2000, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. 3 :68-72.

HUETE A., LIU H., Q., BATCHILY K., LEEUWEN W. (1997). A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS.', Remote Sensing of Environment n°59, pp 440-451

HUETE A., DIDAN K., MIURA T., RODRIGUEZ E P., GAO X., FERREIRA L. (2002). The radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote sensing of environment.(83) -195-213.

HUYLENBROECK L., MICHEZ A., CLAESSENS H. (2019). Guide de gestion des ripisylves. SPW/ Editions. 85p.

IKERMOUD M. (2000). Evaluation des ressources forestière nationales. Alger, DGF, 39p.

---

ILMEN R., SABIR A., BENZYANE M., KARROUK M S. (2014). Variability and dynamic response of the cedar to climate change in the Eastern Middle Atlas Mountains, Morocco. *Mor J Chem* 2 (5) : 512-516.

INDERJIT R., CATFORD JA., KALISZ S., SIMBERLOFF D., WARDLE D A. (2017). A framework for understanding human-driven vegetation change. *Journal Oikos* 126. 1687-1698.

IPCC. (2007). Impacts, Adaptation and Vulnerability. Parry M.L., CANZIANI O.F., PALUTIKOF J.P., VAN DER LINDEN P.J., & HANSON C.E. (eds.). Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976p.

IUFRO. (2002). Diversité biologique. Glossaire multilingue ressources génétiques forestières. Internet : [iufro.boku.ac.at/silvavoc/fgr-glossary/2en.html](http://iufro.boku.ac.at/silvavoc/fgr-glossary/2en.html)

JACQUEMOUD S., VERHOEF W., BARET F., BACOUR C., ZARCO-TEJADA P J., ASNER G P., FRAÇOIS C., USTIN S. (2009). PROSPECT + SAIL models : a review of use for vegetation characterization. *Remote Sensing of Environment* .113 : S56 ?S66.

JAGTAP S. (2007). Managing vulnerability to extreme weather and climate events : Implications for agriculture and food security in Africa. Proceedings of the International Conference on Climate Change and Economic Sustainability held at Nnamdi Azikiwe University, Enugu, Nigeria. 12-14.

JANICOT S., AUBERTIN C., BERNOUX M., DOUNIAS E., GUEGAN J F., LEBEL T. (2015). *Changement climatique : Quels défis pour le Sud ?* Édition IRD.268 p.

JEAN C O., TAHA B M J O., BERNARD B. (1997). Revue bibliographique des tests d'homogénéité et d'indépendance, Rapport de recherche N° R-500, Institut national de la recherche scientifique, Québec. 85p.

JEPSEN J U., HAGEN S B., HOGDA K A., IMS R., KARLSENS S R., TOMMERVIK H., YOCCOZ N G. (2009). Monitoring the spatio-temporal dynamics of geometrid moth outbreaks in birch forest using MODIS-NDVI data. *Remote Sens. Environ.* 13, 1939-1947.

JONES H.G., POMEROY J., WALKER D.A. (2001). *Snow Ecology : An Interdisciplinary Examination of Snow-Covered Ecosystems*. Londres : Cambridge University Press, 378 p.

KANDALLM G . (1975). *Rank correlation methods*. Charler Griffin .London.

KARPOUZOS DK., KAVALIERATOU S., BABAJIMOPOULOS C. (2010). Trend Analysis of Precipitation Data in Pieria Region (Greece). *Journal of ; European Water V 30* : 31-40.

KERR J T, OSTROVSKY M. (2003). From space to species : ecological applications for remote sensing. *Journal, Trends in Ecology & Evolution, V18, Issue (6) :299-305*.

KHERCHOUCHE D., KALLA M ., GUTIERREZ E., BRIKI A., HAMCHI A. ( 2013). La secheresse et le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif du Belezma (Algerie). *Revue, Sécheresse 2013 ; 24* : 129-137.

KONE M., AMAN A., ADOU YAO C., COULIBALY L., N'GUESSAN K. E. (2007). Suivi diachronique par télédétection spatiale de la couverture ligneuse en milieu de savane soudanaise en Côte d'Ivoire. *Revue Télédétection, vol. 7, n° 1-2-3-4, p. 433-446*.

LAAL A., ALATOU DJ., ADIMI A. (2016). De l'évolution De La Végétation Forestière De l'Est Algérien . *European Scientific Journal July 2016 edition vol.12, No.20 ISSN : 1857 ? 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431*.

LAALA A. (2016). *Cartographie de la variabilité thermique des écosystèmes forestiers de l'Est algérien* Thèse doct. Université Frères Mentouri Constantine 190p.

LACOSTE A., SALANON R. (2001). *Elément de biogéographie et d'écologie- 2ème éd.* Revetaugm. Paris. 318 p.

LATOUR F. (2017). *Méthode d'identification Semi-automatique des potentielles friches agricoles Calvados par télédétection*. Mémoire master Géographies Numériques.78p

LAPIE G. (1909). Les divisions phytogéographiques de l 'Algérie. *C. R. Acad. Scien. 148 (7) : 433-435*.

LAPIE G. (1914). Aperçu phytogéographique sur la Kabylie des Babors. *Rev. Gen. Bot., (Vol. jub. G. Bonnier) : 417-424*.

---

- LEAN J., BUNTON C.B., NOBRE C. A., ROWNTREE P. R. (1996). The simulated impact of amazonian deforestation on climate using measured abracos vegetation characteristics. In : Gash, J.H.C., Nobre, C.A., Roberts, J.M., Victoria, R.L. (Eds.), Amazonian deforestation and climate, Wiley, Chichester, 549-576
- LEGDOU A. (2008). Bilan des aménagements des cédraies du Moyen Atlas (cas de la forêt de SidiM'Guild). Mémoire de 3émecycle, ENFI Salé. Maroc.
- LE HOUEROU H. N., CLAUDIN J., HAYWOOD M., DONADIEU J. (1975). Etude phytoécologique du Hodna.- AGS., FAO, Rome, 154 p., 2 cartes coul. 1/200.000.
- LESER H., RODD H. (1991). Landscape Ecology : fundamentals, aims and perspectives. In Modern Ecology. Basic and applied aspects Amsterdam : Elsevier.
- LIANG D., ZUO Y., HUANG L., ZHAO J., TENG L., YANG F. (2015). Evaluation of the consistency of MODIS land cover product (MCD12Q1) based on Chinese 30 m globeland 30 datasets : A case study in Anhui Province, China. ISPRS Int J Geo-Inf 4 : 2519-2541.
- LIKENS G. E. (1992). Excellence in ecology. Edition OTTO KINNE Editor. 3, 166p.
- LINARES J. C., TAÏQUI L., CAMARERO J. L. (2011). Increasing Drought Sensitivity and Decline of Atlas Cedar (*Cedrus atlantica*) in the Moroccan Middle Atlas Forests. *Forests* 2(3) : 777-796.
- LIORET F., SISCART D., DALMAS C. (2004) Canopy recovery after drought dieback in holm oak Mediterranean forests of Catalonia (NE Spain). *Global change Biologi.* Volume 10, Issue 12. Pages 2092-2099.
- LI X. (2009). Applying GLM Model and ARIMA Model to the Analysis of Monthly Temperature of Stockholm. D-level Essay in Statistics in Spring 2009. Department of Economics and Society, Dalarna University, Sweden.
- LOBELL D. B., FIELD C. B. (2007). Global scale climate crop yield relationships and the impacts of recent warming. *Environmental Research Letters*, 2(014002), pp.1-7.
- LUBES- NIEL H., MASSON J. M., PATUREL J. E., SERVAT E. (1998). Variabilité clima-
-

tique et statistique, étude par simulation de la puissance et de la robustesse de quelques tests utilisés pour vérifier l'homogénéité de chroniques, revue des sciences de l'eau 3, pp. 383-408.

MADOUÏ A. (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 de doctorat université Sétif .105 p.

MAINI A K., AGRAWAL V. (2007). Satellite Technology : Principales and applications, West Sussex John Wiley & Sons, 558 pages.

MAIRE R. (1926). Carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie

Gouv. Gén. Algérie. 1 vol , 78 p, 1 carte h. t. Alger.

MANN H B. (1945). Non Parametric Test Against Trend. *Econometrika*, 13, 245-259.

MASSON-DELMOTTE, V. et al. (2013). Information from Paleoclimate Archives, in *ClimateChange 2013 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press

MATHIEU S. (2006). Evaluation de l'intérêt des zones humides ordinaires-arguments pour les valoriser auprès du public. ENGREF Centre de Montpellier et Office International de l'Eau, 32p

MARAGE D. (2004). Structure et fonctionnement du peuplement ligneux dans le *Trochiscantho Abietetum*. Essai de caractérisation des phases sylvigénétiques et sylviculturales. Application dans le bassinversant de Gap-Chaudun (05). ENGREF, Nancy, Rapport final, Convention ONF/ENGREF, 19 p.

MARCHANE, A., JARLAN, L., HANICH, L., BOUDHAR, A., GASCOIN, S., TAVERNIER, A., FILALI, N., LE PAGE, M., HAGOLLE, O., AND BERJAMY, B. (2015). Assessment of daily MODIS snowcover products to monitor snow cover dynamics over the Moroccan Atlas mountainrange. *Remote Sensing of Environment*, 160 :72 ?8

MASEK J G., VERMOTE E F., SALEOUS N E., WOLFE R., HALL F G., HUENNERICH K F., GAO F, KUTLER J., LIM T K . (2006). A Landsat Surface Reflectance Dataset for North America, 1990-2000. IEEE GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING LETTERS, VOL. 3, NO. 1 p 68-72.

MATE. (2014). Etude diagnostique sur la Biodiversité & les changements climatiques en Algérie. Rapport final .PROJET MATE-PNUD-FEM, 135p.

MATHIAS D K., OCHOMO E., ATIEMI F., OMBOK M., BAYOH M N., OLANG G., MUIHIA D., KAMAU L., VULULE J M., HAMEL M J., HAWLEY W A., WALKER E D., JOHN E. (2011). Spatial and temporal variation in the prevalence of *Anopheles gambiae* s.s. and phenotypic variability in susceptibility to insecticides in Western Kenya. *malariajournal.com/content/10/1/10*. 2-13p.

MAZOYER M., ROUDART L. (2002). Histoire des agricultures du monde. Seuil, Paris, 2<sup>ème</sup> édition.

MEA . (2005). Ecosystems and human wellbeing : Wetlands and water Synthesis. Millennium Ecosystem Assessment (MEA), World Resources Institute, Washington, DC. Available at : <http://www.Millenniumassessment.org/document.358.aspx.pdf>.

MEDAIL F., QUEZEL P. (2003). Conséquences écologiques possibles des changements climatiques sur la flore et la végétation du bassin méditerranéen. *Bocconea* 16(1) : 397-422.2003.

MEDDOUR R. (2010). Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Exemple des groupements forestiers et pré forestiers de la Kabylie Djurdjuréenne. Thèse de doctorat. Univ Mouloud Maamri Tizi ouzou. 395 P.

MERIKHI R. (1995). Contribution à l'étude de la végétation des monts du Hodna. Thèse de maîtrise univ sétif 179p.

MCCARTHY J J ., CANZIANI O F., LEARY N A., DOKKEN D J., WHITE K S. (2001). *Climate Change 2001 : Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. IPCC, Cambridge University Press, UK

MCDOWELL N., WILLIAM T., POCKMAN, CRAIG D. ALLEN., BRESHEARS D., NEIL

---

C., KOLB T., PLAUT J., SPERRY J., WEST A., WILLIAMS D G., YEPEZ E A. (2008). Mechanisms of plant survival and mortality during drought : why do some plants survive while others succumb to drought ? *Journal, New Phytologist* 178 : 719-739.

MCKEE T B., DOESKEN N J., KLEIST J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scale. In : *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology*, Anaheim, CA, USA, 17-22 January ; American Meteorological Society : Boston, MA, USA.

MISSAOUI K., GHARZOULI R., DJELLOULI Y., MESSNER F.(2020). Phenological behavior of Atlas cedar forest to snow and precipitation variability in Boutaleb and Babors mountains, Algeria. *BIODIVERSITAS* Volume (21), 1, January 2020. P 239-245.

MITTERMEIER R., ROBLES-GIL P., MITTERMEIER C G. (1997). Earth's biologically wealthiest Nations. *Megadiversity*. Mexico City : CEMEX/Agrupacion Sierra Madre.

MITSCH W J., GOSSELINK J G. (2000). *Wetlands*. Third Edition, New York, Van Nostrand Reinhold, p. 722

MITSCH W. J., GOSSELINK J. G., (2007). *Wetlands*. Wiley, 600 p  
. MITSCH W J., GOSSELINK J G., ANDERSON C.J., ZHANG L. (2009). *Wetland's Ecosystems*. Ed. John Wiley et Sons, 304p

MORAND S. (2006). Réponses adaptatives au changement global : résultats et prospective IFB - GICC Colloque de restitution : Biodiversité et changement global 18 - 20 septembre 2006.

MURAKAMI H., KOYAMA K., MAEDA Y. (2001) Chandra observations of diffuse x-rays from the sagittarius B2 cloud. *THE ASTROPHYSICAL JOURNAL*, (558) : 687-692P.

NIASSE M., AFOUDA A., AMANI A. (2004). Réduire la vulnérabilité de l'Afrique de l'Ouest aux impacts du climat sur les ressources en eau, les zones humides et la désertification : Eléments de stratégie régionale de préparation et d'adaptation, UICN, Gland (Suisse) et Cambridge (Royaume Uni), 71p

NICOLS P., NEPPEL L., SABATIER R. (2007). Approche régionale pour la détection de tendance dans des séries de précipitations de la région méditerranéenne française, Elsevier

---

Mason SAS, (339), pp. 651-658.

NWAFOR J C. (2007). Global climate change : The driver of multiple causes of flood intensity in Sub-Saharan Africa. Paper presented at the International Conference on Climate Change and Economic Sustainability held at Nnamdi Azikiwe University, Enugu, Nigeria, 12-14 June 2007.

OKSANEN E., FREIWALD V., PROZHERINA N., ROUSI M. (2005). Photosynthesis of birch (*Betula pendula*) is sensitive to springtime frost and ozone. *Revue canadienne de recherche forestière*, 35(3) : 703-712 P.

OUEDRAOGO M M., DEGRE A., DEBOUCHE C. (2014). Synthèse bibliographique : le modèle numérique de terrain de haute résolution, ses erreurs et leur propagation. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 2014 18(3), 407-421.

OUELMOUHOUB S. (2005). Gestion multi-usage et conservation du patrimoine forestier : cas des Subéraies du parc national d'Elkala (Algérie). Thèse, Mas. CIHEAM-IAMM, 20-29.

PACALA S., KINZIG AP. 2002. Introduction to theory and the common ecosystem model. In *Functional Consequences of Biodiversity : Empirical Progress and Theoretical Extensions*, ed. AP Kinzig, SW Pacala, D Tilman, pp. 169-174. Princeton, NJ : Princeton Univ. Press

PAPIYANNIS T. (2010). Un patrimoine à préserver. Les zones humides méditerranéennes. Ed. Buchet Chastel. 192 p.

PARIZEAU M H. (2001). La biodiversité : tout conserver ou tout exploiter. *Science/Ethique/Sociétés* éd. 217 p.

PATAKAMURI S.K., AGRAWAL S., KRISHNAVENI M. (2014). "Time-series analysis of MODIS NDVI data along with ancillary data for land use/land cover mapping of Uttarakhand". *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. XL-8, ISPRS Technical Commission VIII Symposium, pp.1491-1500.

PAUDEL K., ANDERSEN P. (2013). Response of rangeland vegetation to snow cover dynamics in Nepal Trans Himalaya. *Climatic Change*. 2013, vol. 117, issue 1, 149-162.

PETTITT AN. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied sta-*

---

tistics 126-135.

PETTORELLI N., VIK J. O., MYSTERUD A., GAILLARD J-M., TUCKER C.J., STEN-  
SETH N.C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses environ-  
mental change, *Trends in Ecology* 20 (9), 503-51.

PEREZ-RAMOS I M., MARAÑÓN T. (2013). Community-level seedling dynamics in Me-  
diterranean forests : uncoupling between the canopy and the seedling layers. *J Veg Sci* 23 :  
526 ?540.

PEUCKER T K., FOWLER R J., LITTLE J J., MARK D.M.(1978). The triangulated irre-  
gular network. In : *Proceedings of the Digital Terrain Models Symposium, 9-11 May 1978,*  
St Louis, Missouri. Bethesda, MD, USA : American Society of Photogrammetry/American  
Congress on Surveying and Mapping, 516-540.

PONY O., DESCOMBES X., ZERUBIA J. (2000). Classification d'images satellitaires hy-  
perspectrales en zone rurale et périurbaine. Rapport de recherche. Hyper articles en ligne.  
Consulté le mars 2020.

POST, D. M., PACE M. L., HAIRSTON N. G.(2000). Ecosystem size determines food-chain  
length in lakes. *Nature* 405 :1047-1049.

PULIDO F., BERTHOLD P. (2004) : Micro-evolutionary response to climatic change. In :  
*Advances in ecological research. Birds and climate change. Vol. 35. H. Caswell (series ed),*  
Elsevier, Amsterdam, pp 151-183

PULIDO F J., DIAZ M. (2005). Regeneration of a Mediterranean oak : a whole-cycle ap-  
proach. *Écoscience* 12 : 92-102.

PULIDO L S., DIFFLEY J F X., PONTING C. (2010). Homology explains the functio-  
nal similarities of Treslin/Ticrr and Sld3. *Journale, Current Biology, Volume 20, ISSUE 12,*  
PR509-R510

PURVIS A., HECTOR A. (2000). Getting the measure of biodiversity. *Nature*, 405 : 212 219

QUÉZEL P. (1957). *Peuplement végétal des Hautes Montagnes de l'Afrique du Nord.* Ed.  
Le Chevalier Paris : 463 p.

---

QUÉZEL P. (1976). Les forêts du pourtour méditerranéen ; in " Forêts et maquis méditerranéen : écologie, conservation et aménagement" ? Notes techniques du MAB N°2, UNESCO, PARIS : 10-23.

QUEZEL P. (1978). Analysis of flora of Mediterranean and Saharan Africa. Ann. Missouri. Bot. Gard., 65 (2) : 479-534

QUÉZEL P., BONIN G. (1980). Les forêts feuillues du pourtour méditerranéen (constitution, écologie, situation actuelle, perspectives). R.F.F. XXXII (3) : 253-268

QUEZEL P., MEDAIL F. (2003). Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier éd., 513 p +annexes.

RAMANATHAN V., CICERONE R J., SINGH H B., KIEHL J T. (1985). Trace Gas Trends and Their Potential Role in Climate Change. J Geophy Res 90 : 5547-5566 P.

RAMSAR .(2000). Background papers on Wetland Values and Functions. Document d'information Ramsar, Secrétariat de la Convention Ramsar, Gland, Suisse, Disponible au : <http://www.ramsar.org/cda/ramsar/display/main/main.jsp/>

RAMSAR. (2007a). Wise use of wetlands : A Conceptual Framework for the wise use of wetlands. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 3rd edition, vol. 1. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland, 26p.

RAMSAR. (2007)b. Destgnatmg Ramsar sites : The Stratégie Framework and guidelines for the future development ofthe List ojWetlands of International Importance. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 3rd édition, vol. 14. Ramsar Convention Secrétariat, Gland, Switzerland, 110p

RAMSAR. (2013). Le Manuel de la Convention de Ramsar : Guide de la Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971), 6e édition. Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gland, Suisse, 6p.

RENARD J. (2002). Les mutations des campagnes, paysages et structures agraires dans le monde. Armand Colin.

---

ROCHE Y., MELLAC M., MICHAUD J., SVENSUKSA B. (2006). Etude de l'évolution du couvert forestier dans le district phongsaly (RDP Lao). Etude de l'impact du projet de développement de phongsaly(PDDP) sur la pratique des cultures de défriche brûlis et sur l'évolution du couvert forestier dans le district de phongsaly » Rapport final, Document A comité de coopération de Laos, Agence Française de développement (AFD).64 pages.

ROLF A., DE BY. (2000). Principles of geographic information systems. the international institute of aerospace survey and earth sciences ITC-hengelosestraat 99, P.O.box 6, 7500 AA eschede, the Netherlands, p 79.

ROGER A. (1997). Court traité du paysage. Paris, Gallimard, Coll. Sciences humaines, 208 p.

ROUABHI A. (2014). Implications des changements climatiques dans l'agriculture et le développement durable : Cas des hautes plaines sétifiennes Thèse de doctorat université sétif 180p.

SARMOUM M., NAVARRO-CERRILO R., GUIBAL F. (2009). Bilan actuel et rétrospectif du dépérissement du cèdre de l'Atlas dans le Parc national de Theniet El Had (Algérie). Revue, Bois et Forêts des Tropiques.29-40p

SATYANARAYANA B., THIERRY B., SEEN D L., RAMAN A V., MUTHUSANKAR G. (2001). Remote sensing in mangrove research-relationship between vegetation indices and dendrometric parameters : A case for Coringa, east coast of India. In proceeding of the 22nd Asian Conference on Remote Sensing, Singapore, 5-9 November 2001.

SEAN SLOAN A., CLINTON N., JENKINS B., LUCAS N., JOPPA C., DAVID L., GA-VEAU D A., WILLIAM F., LAURANCE A. (2014). Remaining natural vegetation in the global biodiversity hotspots ,journal, Biological Conservation 177 , 12 ?24 .

SHEIL D., MURDIYARSO D. (2009). How Forests Attract Rain : An Examination of a New Hypothesis. Journal of, BioScience V,59 ;n° 4 ;341-347.

SHIMABUKURO Y E., BEUCHLE R., GRECCHI R.C., ACHARD F. (2014). Assessment of forest degradation in Brazilian Amazon due to selective logging and fires using time series of fraction images derived from Landsat ETM+ images. Remote Sens. Lett. 5, 773 ?782.

SKINNER J., ZALEWSKI S. (1995). Fonction et valeurs des zones humides méditerranéennes. Conservation des zones humides méditerranéennes MedWet, Tour du Valat, France, 78p.

SMAGORINSKY J., MANABE S., HOLLOWAY J L. (1965). Numerical results from a nine-level general circulation model of the atmosphere 1. Monthly Weather Review 93 : 727-768P.

SOUDANI K., LE MAIRE G., DUFRENE E., FRANÇOIS C., DELPIERRE N., ULRICH E. (2008). Evaluation of the onset of green-up in temperate deciduous broadleaf forests derived from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) data. Remote Sensing of Environment, 112, 2643 ?2655.

SRIVASTAVA D S., VELLEND M. (2005) BIODIVERSITY-ECOSYSTEM FUNCTION RESEARCH : Is It Relevant to Conservation ?. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics. Volume 36 :267 ?294 SVOBODA M., HAYES M., WOOD D. (2012). Standardized Precipitation Index User Guide ; World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

SOUZA J R C., SIQUEIRA J., SALES M., FONSECA A., RIBEIRO J., NUMATA I., COCHRANE M., BARBER C., ROBERTS D., BARLOW J. (2013). Ten-Year Landsat Classification of Deforestation and Forest Degradation in the Brazilian Amazon. Remote Sensing. I (5) p 5493 ? 5513

TAN B., MORISETTE J., WOLFE R E., GAO F., EDERER G A., NIGHTINGALE J. (2008). "Vegetation phenology metrics derived from temporally smoothed and gap-filled MODIS data", Proc. Int. Geoscience and Remote Sensing Symp. (IGARSS 2008), pp. 593-596

TOUAÏBIA B., INEGLIZ S., OULD A A . (1998). Couplage d'une analyse en composantes principales et d'une approche géostatistique pour l'élaboration de cartes pluviométriques du Centre de l'Algérie du Nord, Revue des Sciences de l'Eau 19(3) (2006), pp. 213-219.

TOYRA J., PIETRONIRO A. (2005). Towards operational monitoring of anorthern wetland using geomatics-based techniques, Remote Sens. Environ., 97, 174 ?191.

TRUJILLO E., MOLOTCH N P., GOULDEN M L., KELLY A E., BALES R C. (2012).

Elevation-dependent influence of snow accumulation on forest greening. *Nature Geoscience* 5 : 705-709. DOI : 10.1038/ngeo1571.

TUCKER C J. (1979). ?Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation, *Remote Sensing of Environment*, 8 :27 ?150.

TUCKER C.J., & SELLERS P.J. (1986). Satellite remote sensing of primary production, *International Journal of Remote Sensing*, 7 (11), 1395-1416

TUCKER G M ; EVANS M I, (1997). Habitats for birds in europe : a conservation strategy for wider environment. *BirdLife conservation series n°6*. Cambridge Royaume- Uni , Bird-Life international, 464 pp.

UICN. (2017). Rapport annuel 2017 .Union Internationale pour la Conservation de la Nature. P48.

VAUCLIN M., MONFRAY P. (2013). Environnement et Changements Globaux : des aléas de la vulnérabilité des sociétés les cahiers de L'ANR -n°7, P191.

VELIA B., ALESSANDRO P., ROSSO M. (2018). Past and future precipitation trend analysis for the City of Niamey (Niger) : An overview. *Climate* 6 : 73 ; DOI : 10.3390/cli6030073.

VERGER. (1993). Conceptions successives de l'aménagement des vasières littorales par les sociétés riveraines. *Mappemonde*, 1 :21 ?26.

VERMOTE E., JUSTICE C., CLAVERIE M., FRANCH B. (2016). Preliminary analysis of the performance of the Landsat 8/OLI land surface reflectance product. *Remote Sensing of Environment*, 185, 46-56.

VIEILLEDENT G., GRINAND C., RAKOTOMALALA F A., RANAIVOSOA R., RAKOTOARJAONA J R., ALLNUTT T F., ACHARD F. (2018). Combining global tree cover loss data with historical national forest covermaps to look at six decades of deforestation and forest fragmentation inMadagascar. *Journal Biological conservation* (.222). 189-197.

WANG K., ZHANG L., QIU Y., JI L., TIAN F., WANG C., WANG Z. (2015). Snow effects on alpine vegetation in the Qinghai-Tibetan Plateau. *Intl J Digital Earth* 8 : 58-75. DOI : 10.1080/17538947.2013.848946.x.

---

WATTS RG. (1980). Climate models and CO<sub>2</sub>-induced climatic changes. *Climatic Change* 2 : 387-408. doi : 10.1007/BF00137207.

WEIER J., HERRING D. (2000). Measuring Vegetation (NDVI & EVI). Earth Observatory. National Aeronautics and Space Administration (NASA), USA. [http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring\\_vegetation\\_1.php](http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_1.php) July 30, 2015].

YAHY N., DJELLOULI Y., DE FOUCAULT B. (2008). Diversités floristique et biogéographique des cédraies d'Algérie. *Acta Bot. Gallica*, Volume 155 issue,(3), 389-402.

ZERROUG K., GHARZOULI R., BOUHARATI S. (2018).Satellite inventory of forest resources (Righa Dahra - Algeria) : *INTERNATIONAL JOURNAL FOR INNOVATIVE RESEARCH IN MULTIDISCIPLINARY FIELD* ISSN : 2455-0620 Volume - 4, Issue ? 3.Intelligent modeling.

ZHANG X., MARK A., FRIEDEL M A., SCHAAF C B., STRAHLER A H. (2004). 'Climate controls on vegetation Phenological pattern in northern mid- and high latitudes inferred from MODIS data.', *Global Change Biology*, n°10, pp 1133-1145.

---

## Annexes 1

Annexe 1 : Pluviométrie (Cumul Mensuel en mm) (1982/2017)

Année	Janvi	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juille	Aout	Sept	Octol	Novem	Décem	Total	Moye
<b>1982</b>	88.9	38	60.1	70	101.5	22.8	0.7	23	24.3	49.4	38.7	45.8	<b>563.2</b>	46.9
<b>1983</b>	5.6	15.1	19.1	20.8	20.8	6.1	13	28.3	0	22.8	24	24.5	<b>200.1</b>	16.7
<b>1984</b>	77.3	105.4	22.3	48.4	24.8	10.9	0.6	4.2	7.6	103.8	16.2	101.6	<b>523.1</b>	43.6
<b>1985</b>	46.8	19.4	88.8	40.8	57.5	0.9	16.8	0	39.1	35.1	29.6	36	<b>410.8</b>	34.2
<b>1986</b>	39.7	33.2	64.8	25.6	36.8	17.9	8.3	11.5	47.2	48.7	51.3	47.3	<b>432.3</b>	36
<b>1987</b>	22.3	71.7	15.6	12.7	44.2	8.8	29.4	8.8	5.4	29.1	39.6	32.4	<b>320</b>	26.7
<b>1988</b>	23.7	11.9	42	41.5	52.8	37.3	10.8	0	28.8	5.4	37.4	133	<b>424.6</b>	35.4
<b>1989</b>	23.7	34.3	25.2	60.4	52.2	72.7	12.3	24.1	47.9	24.4	11.6	14.2	<b>403</b>	33.6
<b>1990</b>	35.2	2.1	23.3	49.9	65.6	30.4	10.5	13.9	35.8	4.2	74.1	52.8	<b>397.8</b>	33.1
<b>1991</b>	6.5	39.9	56.5	28.3	80.5	11.5	9.8	3.2	26.6	88.6	29.3	20.5	<b>401.2</b>	33.4
<b>1992</b>	34.4	34.8	32.4	66.5	73.2	19.7	38	1.5	69.8	16.1	35.1	83.7	<b>505.2</b>	42.1
<b>1993</b>	26.4	41.5	28.5	12.5	62.8	1.5	0.7	18.6	28.4	4.3	54.5	40.2	<b>319.9</b>	26.7
<b>1994</b>	25.7	32	21.1	23.8	2.7	0	9.5	3.5	77.3	55	5.6	16.4	<b>272.6</b>	22.7
<b>1995</b>	94	25.7	63	41.9	3.7	61.8	0	3	44.5	37.1	22.3	25.4	<b>422.4</b>	35.2
<b>1996</b>	62	92.4	47.9	52.9	69.2	22.9	9.1	18.1	18.8	9.2	10.7	29.7	<b>442.9</b>	36.9
<b>1997</b>	32.4	7.7	4.5	37.3	20.3	20.8	10.5	26.2	84.5	45.1	69.4	43.7	<b>402.4</b>	33.5
<b>1998</b>	9.6	39.7	13.1	52	101.2	19.4	0.8	11.9	120	16.5	57.9	23.2	<b>465.3</b>	38.8
<b>1999</b>	65.3	15.9	19.4	8.4	4.3	25.4	0	4.9	85.5	50.1	23.4	81.9	<b>384.5</b>	32
<b>2000</b>	5.9	5.7	21.5	28.8	61.9	20.3	0	23.9	39.4	47.3	15.2	61.3	<b>331.2</b>	27.6
<b>2001</b>	79	20.1	8.6	13.2	19.3	0	0	4	47.2	14.4	37.1	8.4	<b>251.3</b>	20.9
<b>2002</b>	22.7	24	29.5	8.8	24.2	1.5	44.3	33.8	4.3	10.1	100.1	67.4	<b>370.7</b>	30.9
<b>2003</b>	130.7	28.8	38.2	87.7	37.9	36.5	36.6	28.7	14.1	63.3	13	89.8	<b>605.3</b>	50.4
<b>2004</b>	47.1	15.4	27.5	66.1	66	9.6	0.3	23.9	13.2	28.1	52.7	91.1	<b>441.8</b>	36.8
<b>2005</b>	29.4	43.3	12.2	54.4	3.4	28	21.9	4.8	30.6	21.2	68.9	57.4	<b>375.5</b>	31.3
<b>2006</b>	55.9	36.8	8.5	39.7	79.4	4.7	14	2.8	54.3	0.8	9.5	49.6	<b>356</b>	29.7
<b>2007</b>	8.6	28.6	102	89.2	27.2	59.5	3	2.4	79.3	21.8	17.3	10.5	<b>449.4</b>	37.4
<b>2008</b>	10.8	21.6	42.9	21.8	72.7	29	40.1	19.1	44.9	55.4	23	38.1	<b>419.4</b>	34.9

<b>2009</b>	66.3	38.2	31.5	79.1	4.9	4.7	3	29.7	63.8	9	28.1	26.1	<b>384.4</b>	32
<b>2010</b>	30.9	38.2	38.3	55.1	73.4	22.6	6	35.3	5	40.9	43.7	18	<b>407.4</b>	33.9
<b>2011</b>	14.3	102	35.8	82.6	46.6	23.7	3.9	17.5	7.5	43.2	35.7	27.5	<b>440.3</b>	36.7
<b>2012</b>	42.5	54	15.1	83.2	5.9	14	1.3	21.8	13.8	23.6	79.4	5.5	<b>360.1</b>	30
<b>2013</b>	84	51.6	34	35.5	59.7	2.2	10.1	24.9	28.9	49.3	22.4	31	<b>433.6</b>	36.1
<b>2014</b>	37.7	16.9	74	2.2	47.2	38.4	2.6	0	6.6	5.9	20.5	76.5	<b>328.5</b>	27.4
<b>2015</b>	69	55.4	52.9	5.4	25.7	25.2	8.5	27.3	31.7	49.6	21.6	0	<b>372.3</b>	31
<b>2016</b>	16.9	36.8	66.3	42.1	57.8	7.6	5.5	0.6	12	14.9	29.7	7.1	<b>297.3</b>	24.8
<b>2017</b>	46.9	20.3	0	5.9	9.2	55.7	0.3	8.2	32.2	8.3	55.7	33.5	<b>276.2</b>	23
<b>Moyenn</b>	<b>43.3</b>	<b>38.7</b>	<b>36.7</b>	<b>37.2</b>	<b>47.4</b>	<b>22</b>	<b>10.9</b>	<b>14.6</b>	<b>36.9</b>	<b>32.9</b>	<b>37.2</b>	<b>44.3</b>	<b>402.1</b>	<b>33.5</b>

(Station: Sétif-aéroport, 2018)

## Annexe 2 : Humidité Moyenne Mensuelle (en %) (1982/2017)

Année	Janvi	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Octol	Nov	Déce	Total	Moye
<b>1982</b>	74.3	81.1	75.5	72.9	74.1	43.6	31.2	43	56.7	64.1	84.9	86.4	<b>787.8</b>	65.6
<b>1983</b>	68.2	76.5	77.1	63.7	59.2	44.9	31.9	44.3	53.6	72.1	82.7	80.2	<b>754.4</b>	62.9
<b>1984</b>	82	83.1	77.9	64.3	60.8	47.6	34.8	49.8	59.4	82.7	76.2	84.5	<b>803.1</b>	66.9
<b>1985</b>	85.1	71.7	82.9	68.8	72.3	51.7	36.1	40.1	57.2	69.4	74.1	78.2	<b>787.6</b>	65.6
<b>1986</b>	87.9	79.4	75.7	75.2	55.5	51.8	42.8	38.2	54.4	76.1	77	85.7	<b>799.7</b>	66.6
<b>1987</b>	75.4	81.3	73.7	66.8	66.3	53.4	50.8	37.5	48.7	54.6	81.1	80.7	<b>770.3</b>	64.2
<b>1988</b>	76	72.3	65	61	57.5	56	38	36.4	51.2	50.5	73.8	84.2	<b>721.9</b>	60.2
<b>1989</b>	73.7	70.5	64.2	72.5	56.1	52.5	40.6	41.9	61.2	69.6	68.8	74.4	<b>746</b>	62.2
<b>1990</b>	83.4	54.7	66.7	68.4	70.5	48.3	45.6	50.6	49.4	61.2	85	86.7	<b>770.5</b>	64.2
<b>1991</b>	76.9	81.4	75.9	74.3	69.3	55.1	42.5	37.6	58.7	71.5	71.8	76.8	<b>791.8</b>	66
<b>1992</b>	75.3	72	77.3	67.6	60.8	54.1	50.5	39.9	51.8	64.2	69.2	78.3	<b>761</b>	63.4
<b>1993</b>	68	82.5	70.9	62.1	61.7	44.8	38.5	39.6	55.7	55.4	78.2	77.2	<b>734.6</b>	61.2
<b>1994</b>	78.8	66.2	61	62.2	41.9	39.1	28.2	32.2	58.2	75.8	72.8	79	<b>695.4</b>	57.9
<b>1995</b>	85.4	72.4	69.9	60.7	49.4	52.9	35.2	44.5	59.2	62.8	64.9	81.3	<b>738.6</b>	61.5
<b>1996</b>	78.3	80.5	71.4	67.5	63.6	58.5	40.4	42	57.6	60.3	63.4	72.3	<b>755.8</b>	63
<b>1997</b>	74.7	64.2	55	58.2	45.5	39.7	37.8	46.6	63.1	72.7	81.7	79.2	<b>718.4</b>	59.9

<b>1998</b>	75.6	74.4	62.6	59.5	70.7	41.6	32.9	43.9	56.5	64.6	73.4	77.1	<b>732.8</b>	61.1
<b>1999</b>	77.8	79.2	66.6	54.4	42.5	40.2	38.4	33.2	54.4	60.1	77.3	81.9	<b>706</b>	58.8
<b>2000</b>	73.7	60.6	55.4	52.2	51.8	46.1	33.7	33.6	51.2	72.2	66.9	68.9	<b>666.3</b>	55.5
<b>2001</b>	75.3	68.3	54.6	59.4	57.5	34.6	31.2	37.1	61.8	56.9	77.8	79	<b>693.5</b>	57.8
<b>2002</b>	76.9	67.3	62.8	58.4	49.3	36.5	44.3	50.7	54.9	54.8	74.8	80.9	<b>711.6</b>	59.3
<b>2003</b>	83.2	82.5	71.1	70.9	64.8	48.6	37.9	43.5	64	73	78.5	86.7	<b>804.7</b>	67.1
<b>2004</b>	85	72.6	71.3	77.1	74.9	59.3	44.6	51.3	62.8	59.7	79.9	83.7	<b>822.2</b>	68.5
<b>2005</b>	76.6	75.7	66.2	65.5	48.6	45	40.3	47.3	61.2	68.7	73.3	82.5	<b>750.9</b>	62.6
<b>2006</b>	82.6	79.9	67.9	58.8	64	38.8	39.2	47.5	58.5	55.4	72.9	86.1	<b>751.9</b>	62.7
<b>2007</b>	72.8	77.7	77.7	74.6	62.5	46.5	39.2	42.6	63.3	72.5	75.7	82.6	<b>787.7</b>	65.6
<b>2008</b>	77	73.4	72.7	64.3	61.4	53	45.4	47.6	58.7	78.3	79.3	85.2	<b>796.3</b>	66.4
<b>2009</b>	85.7	77.4	72	75.9	57.4	43.1	36.3	47	72.1	70.5	71.9	78.9	<b>788.2</b>	65.7
<b>2010</b>	80.1	80.1	75	76.7	72	56.8	44.3	46.6	55.4	63.7	77	70.5	<b>798.1</b>	66.5
<b>2011</b>	77.3	79.3	73.9	69.4	66.9	58.2	45.1	41.7	54.4	68.7	78.5	82.6	<b>796</b>	66.3
<b>2012</b>	77.1	82.8	69.9	77.7	59.5	45.7	38.4	34.5	56.9	68.2	80.8	76.8	<b>768.3</b>	64
<b>2013</b>	76.3	76.7	71.1	66.6	67.2	50.5	42.6	42.3	62	58.1	72.8	77.1	<b>763.2</b>	63.6
<b>2014</b>	74.5	67.1	71.5	57.1	55.8	50.9	37.9	40.4	46.4	51.2	65.4	82.3	<b>700.5</b>	58.4
<b>2015</b>	77.1	81	68.8	57.9	52.6	47.3	34.3	47.2	59.9	69.5	73.7	70.9	<b>740.2</b>	61.7
<b>2016</b>	70.8	70.2	66.5	63.4	54.3	45.3	35.9	42.6	55.9	55.5	68.7	78.1	<b>707.2</b>	58.9
<b>2017</b>	78.4	68.6	54.5	57.5	47.7	48.2	33.4	38.8	50.5	63.3	71.2	79.2	<b>691</b>	57.6
<b>Moye</b>	77.7	78.6	69.3	65.9	59.8	48.2	38.9	42.5	57.3	65.2	74.8	79.9	<b>758.1</b>	63.1

(Station: Sétif-aéroport, 2018)

Annexe 3 : Température Moyenne Mensuelle sous Abri (en °C) (1982/2017)

Année	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Octo	Nov	Déc	Total	Moye
<b>1982</b>	6.1	5.8	7.6	10.3	15.4	23.8	27.9	25.2	20.4	14.2	9	4	<b>169.7</b>	14.1
<b>1983</b>	5.5	5.1	8	13.1	16.6	22.2	27.3	25	21.2	15.3	11	5.9	<b>176.2</b>	14.7
<b>1984</b>	5.2	3.9	6.4	12.1	13.5	21.4	26.7	23.9	19.6	12.5	10.2	5.6	<b>161</b>	13.4
<b>1985</b>	2.9	9.6	6.1	12.4	14.4	23.6	27.5	25.1	20.2	14.5	10.4	6.5	<b>173.2</b>	14.4
<b>1986</b>	4.1	5.4	7.5	10	18.9	21.1	24.4	26.4	20.4	14.9	8.8	4.6	<b>166.5</b>	13.9

<b>1987</b>	4	5.3	7.8	13.4	14.8	22.2	25.7	27.3	23.4	17.8	8.6	8.4	<b>178.7</b>	14.9
<b>1988</b>	6.9	5.9	7.9	13	17.6	20.8	27.5	26.5	19.7	17.7	10.4	4.5	<b>178.4</b>	14.9
<b>1989</b>	5	6.4	10.4	10.1	16.6	19.6	25.2	25.8	20.6	15.4	11.7	9.4	<b>176.2</b>	14.7
<b>1990</b>	5.4	10.4	9.8	10.5	15.9	23.8	24.1	23.5	23.4	16.9	9.5	3.7	<b>176.9</b>	14.7
<b>1991</b>	4.8	4.4	9	8.8	12.1	20.6	25.7	25.3	21	14.1	8.8	4.6	<b>159.2</b>	13.3
<b>1992</b>	4.2	6	7.2	9.8	15.5	18.3	22.8	25.5	21.5	15	11.6	6.2	<b>163.6</b>	13.6
<b>1993</b>	5.1	4.4	7.3	11.2	16.5	23.3	26	26	19.9	16.4	9.3	6.6	<b>172</b>	14.3
<b>1994</b>	5.5	6.8	11.1	9.3	20.3	22.9	27.3	28.5	21	14.9	11.2	6.6	<b>185.4</b>	15.4
<b>1995</b>	3.8	8.5	7.7	10.2	17.6	21.2	26.2	24.2	19.2	15.7	10.1	7.8	<b>172.2</b>	14.3
<b>1996</b>	7.1	4.3	8.4	10.7	15.3	18.9	24.6	25.4	18.1	13.6	10.4	7.6	<b>164.4</b>	13.7
<b>1997</b>	6.6	8.9	9.2	11.9	19.2	24.5	25.8	24.5	19.9	15.2	9.7	6.7	<b>182.1</b>	15.2
<b>1998</b>	6.1	7.5	8.9	12.4	14.9	23.3	27	25.2	21.4	13.6	9.3	5.3	<b>174.9</b>	14.6
<b>1999</b>	6.2	4.2	8.8	13	21	24.5	25.5	28.6	21.9	18	8.7	5.7	<b>186.1</b>	15.5
<b>2000</b>	4.1	7.8	10.7	13.6	19.8	22.3	26.9	26.1	21.4	13.6	10.3	8	<b>184.6</b>	15.4
<b>2001</b>	5.9	5.8	13.3	12.1	16.6	24	27.5	26.7	21	19.9	9.3	5.5	<b>187.6</b>	15.6
<b>2002</b>	5.8	7.9	10.5	13	18.1	24.7	25.5	24.1	20.2	16.9	9.9	7	<b>183.6</b>	15.3
<b>2003</b>	4.6	4	8.8	12.5	16.7	23.4	27.7	26	19.6	16.4	9.8	4.6	<b>147.1</b>	14.5
<b>2004</b>	4.9	7.2	9.4	10.2	13	20.8	25.1	25.8	19.8	17.3	7.9	5.5	<b>166.9</b>	13.9
<b>2005</b>	2.6	3.1	9.6	12.2	18.7	22.4	26.8	24	19.3	15.6	9.1	4.7	<b>168.1</b>	14
<b>2006</b>	3.8	4.9	9.6	14.6	19.2	23.6	25.8	24.4	19.4	17.9	10.7	6.6	<b>180.5</b>	15
<b>2007</b>	6.9	7.8	7.6	12.2	16.2	23.2	25.8	25.7	20.3	15.4	8.5	5.3	<b>174.9</b>	14.6
<b>2008</b>	6.3	7.2	8.5	12.5	17.1	21.1	26.5	25.6	20.4	14.6	8.1	4.8	<b>172.7</b>	14.4
<b>2009</b>	5.2	4.9	8.2	9.3	17.2	22.7	27.9	25.6	19.1	14.6	10.1	7.8	<b>172.6</b>	14.4
<b>2010</b>	6	7.4	9.3	12.4	13.6	20.9	26.1	25.2	19.9	14.4	9.2	5.6	<b>170</b>	14.2
<b>2011</b>	5.2	4.6	8.1	13.3	15.8	20.7	25.9	26	21.6	14.3	10	5.7	<b>171.2</b>	14.3
<b>2012</b>	4.3	1.6	8.7	11	17.5	25.5	27.5	27.9	20.5	16.3	10.8	5.6	<b>177.2</b>	14.8
<b>2013</b>	4.9	3.5	9	12.3	14.7	19.9	25.6	23.8	20.4	18.8	8.5	5.1	<b>166.5</b>	13.9
<b>2014</b>	6	7	7.2	13.2	16.7	21.4	25.6	26.4	23	17.3	11.6	4.9	<b>180.3</b>	15
<b>2015</b>	3.8	3.9	8.2	13.8	18.4	21.3	26.8	25.4	20.4	15.1	9.5	6.5	<b>173.1</b>	14.4
<b>2016</b>	6.7	6.9	7.6	13.6	17.1	22.4	25.9	24.4	20.1	17.9	10.1	7.2	<b>179.9</b>	15

<b>2017</b>	3.1	7.8	10.8	12.8	20	24.4	27.5	27.3	20.2	15	8.5	4.9	<b>182.3</b>	15.2
<b>Moyen</b>	5.2	7	8.9	12.1	17.2	22.8	26.2	26.3	21.1	16.2	9.2	6.1	<b>187.3</b>	15.6

(Station: Sétif-aéroport, 2018)

Annexe 4 : Température Minimale Moyenne sous Abri (en °C) (1982/2017)

Année	Jan	Févr	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Octol	Nov	Déc	Total	Mo
<b>1982</b>	2.7	2.3	3.2	6	11	17.6	20.9	18.9	15.4	9.9	5.9	1	<b>114.8</b>	9.6
<b>1983</b>	0.5	0.9	3.4	7.3	10.7	15.5	20.3	18.5	15.4	10.6	7.3	2.1	<b>112.5</b>	9.4
<b>1984</b>	1.7	0.4	2.2	7.3	8.2	14.7	19.5	17.7	13.9	8.9	6.2	2.7	<b>103.4</b>	8.6
<b>1985</b>	-0.2	5.2	2.2	7.2	9.3	16.9	20.7	18.5	15	9.9	6.9	2.8	<b>114.4</b>	9.5
<b>1986</b>	0.8	1.8	3.5	5.1	12.5	14.6	17.2	19.6	14.8	11.2	5.4	1.7	<b>108.2</b>	9
<b>1987</b>	0.3	1.8	3.7	8.1	9.2	15.4	19.6	20.9	17.7	13.2	5.2	4.9	<b>120</b>	10
<b>1988</b>	3.6	1.4	3.5	7.5	11.9	15.2	20.8	20	14.3	12.7	6.8	1.2	<b>118.9</b>	9.9
<b>1989</b>	1.2	2.3	5.4	5.2	10.6	13.6	18.7	20	15.7	10.7	7.7	5.6	<b>116.7</b>	9.7
<b>1990</b>	2.6	4.6	5.2	6	11.5	17.5	17.6	17.6	17.9	12.2	6.4	0.9	<b>120</b>	10
<b>1991</b>	1.1	0.9	5	4.8	6.3	14.6	18.6	18.5	15.7	10.3	4.6	1	<b>101.4</b>	8.5
<b>1992</b>	0.4	1.4	3.4	5.2	9.7	12	16.2	19	15.7	10	7.5	2.8	<b>103.3</b>	8.6
<b>1993</b>	0.7	1.3	2.6	5.8	10.8	16.5	19.1	19.8	14.7	11.8	5.8	2.7	<b>111.6</b>	9.3
<b>1994</b>	2.2	2.3	6.1	4.1	13.5	16.4	20.3	22	16.5	11.3	6.8	2.5	<b>124</b>	10.3
<b>1995</b>	0.8	3.9	3.4	4.6	11.6	14.8	19.5	18	14.2	11.2	5.9	4.6	<b>112.5</b>	9.4
<b>1996</b>	3.8	1.3	4.2	6.5	9.8	13.1	18.2	19.3	12.8	8.5	5.8	4	<b>107.3</b>	8.9
<b>1997</b>	3.2	4	3.5	6.8	13.4	18.4	19.5	19	15.2	11.5	6.5	3.6	<b>124.6</b>	10.4
<b>1998</b>	2.4	3.2	4.3	7.1	10.3	17	20.2	19.5	16.4	9	5.4	1.9	<b>116.7</b>	9.7
<b>1999</b>	2.8	0.4	4.3	7.2	15	18.4	19.1	22.6	16.6	14.1	5.4	2.2	<b>128.1</b>	10.7
<b>2000</b>	-0.2	3.1	5.7	8.1	14.3	16.6	20.7	20.3	16.4	9.7	6.3	4.2	<b>125.2</b>	10.4
<b>2001</b>	2.7	1.9	8.3	7	11.4	17.5	21	20.8	15.8	14.8	5.8	1.7	<b>128.7</b>	10.7
<b>2002</b>	0.5	1.5	4.3	5.4	9.4	14.8	17.6	17.1	12.5	8.6	5.4	1.8	<b>98.9</b>	8.2
<b>2003</b>	1	-0.6	2.7	6.6	9.5	14.8	19.1	18	13.5	11.6	4.7	0.2	<b>101.1</b>	8.4
<b>2004</b>	-0.3	0.8	3.1	4.1	7.1	12.4	16.3	17.9	12.5	10.2	2.6	1.3	<b>88</b>	7.3
<b>2005</b>	-3.6	-1.9	3.1	5.8	9.5	14	18.2	16	12.6	9.2	3.4	0.2	<b>86.5</b>	7.2

<b>2006</b>	-0.7	-0.6	2.7	7.6	12.9	15.7	17.8	16.8	12.8	11	4.5	2.1	<b>102.6</b>	8.5
<b>2007</b>	0.4	2.2	2.1	7.2	8.9	15	17	18	14	10.4	2.9	0.1	<b>98.2</b>	8.2
<b>2008</b>	0.03	0.6	2.2	5	10.7	13.8	18.7	17.9	14.6	9.8	3.5	0.5	<b>97.3</b>	8.1
<b>2009</b>	0.9	-0.3	1.9	3.5	9.3	13.6	19	17.9	13.4	8.4	4	2.6	<b>94.2</b>	7.9
<b>2010</b>	1.6	2.2	3.7	6.4	7.1	12.9	17.5	17.2	13.2	8.8	4.8	0.4	<b>95.8</b>	8
<b>2011</b>	-0.0	-0.2	3.4	6.7	8.9	12.9	17.6	17.3	14	8.3	5.6	1	<b>95.5</b>	8
<b>2012</b>	-1.2	-3.2	2.8	5.2	9	16.5	18.8	18.9	13.7	10.2	5.8	0.3	<b>96.8</b>	8.1
<b>2013</b>	0.1	-1.4	3.4	6.5	7.9	11.2	17.1	15.4	14.2	12.3	4.2	0.3	<b>91.2</b>	7.6
<b>2014</b>	1.4	1.1	2	5.5	8.9	13.8	17.2	18.3	16	10.4	6.5	0.9	<b>102</b>	8.5
<b>2015</b>	-0.8	0.4	2.3	6.6	10.3	13.6	17.6	17.9	14.6	10.1	4	-0.0	<b>96.6</b>	8
<b>2016</b>	0.8	1.4	2	7.3	9.8	14.6	17.5	16.6	14.1	11.8	4.9	2.8	<b>103.6</b>	8.6
<b>2017</b>	-0.9	2.2	4.1	6.3	12.8	17.4	19.3	20.2	13.5	9.1	3.6	1.2	<b>108.8</b>	9.1
<b>Moyen</b>	1.7	1.2	3.5	6.2	10.3	15	18.6	18.5	14.6	10.6	5.2	1.8	<b>107.2</b>	8.9

(Station: Sétif-aéroport, 2018)

Annexe 5 : Température Maximale Moyenne sous Abri (en °C) (1982/2017)

Année	Janv	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Octo	Nov	Déce	Total	Moye
<b>1982</b>	10.3	10.3	13	15.1	20.4	30.5	34.9	32.5	27	19.5	12.8	7.4	<b>233.7</b>	19.5
<b>1983</b>	11.4	10.3	13.3	19.7	22.9	29.3	34.4	32.4	28.1	21.5	15.5	10.3	<b>249.1</b>	20.8
<b>1984</b>	9.3	7.5	11.5	17.8	19.4	28.6	34.3	31.1	26.3	17	15	9	<b>226.8</b>	18.9
<b>1985</b>	6.5	15	10.6	18	19.9	31	34.7	32.4	26.8	20.1	15.2	11.1	<b>241.3</b>	20.1
<b>1986</b>	8.4	10.1	12	15.9	25.6	28.4	31.7	34.2	26.9	19.5	12.9	8.2	<b>233.8</b>	19.5
<b>1987</b>	8.4	9.7	12.8	19.4	21.2	29.4	32.8	34.3	30.3	23.8	12.8	12.8	<b>247.7</b>	20.6
<b>1988</b>	11.2	11.5	13	19.3	24.1	27.9	34.9	33.8	26.2	23.7	14.6	8.3	<b>248.5</b>	20.7
<b>1989</b>	9.6	11.2	16.5	15.5	23.6	25.9	32.2	32.8	27	21.2	17	14.3	<b>246.8</b>	20.6
<b>1990</b>	9.2	17.2	15.6	16.3	21.1	31.1	31.3	30.6	30.3	22.9	13.6	7	<b>246.2</b>	20.5
<b>1991</b>	9.5	9	13.6	13.7	18.5	27	33.3	32.6	27.8	18.9	14.1	9	<b>227</b>	18.9
<b>1992</b>	8.6	11.6	12	14.9	21.2	25.1	30.1	33	28.9	21.2	16.8	10.6	<b>234</b>	19.5
<b>1993</b>	10.5	8.7	12.8	17.4	22.9	31.4	33.4	33.2	26.3	22.1	13.5	11.2	<b>243.4</b>	20.3
<b>1994</b>	9.6	12.2	16.8	15.2	27.8	30	34.6	35.8	27.1	19.8	16.6	11.8	<b>257.3</b>	21.4

<b>1995</b>	7.6	14.3	12.5	16.4	24.6	28.2	33.6	31.2	25.9	21.5	15.3	12.3	<b>243.4</b>	20.3
<b>1996</b>	11.1	8.3	13.3	15.9	20.9	25.5	31.5	32.6	24.8	19.9	15.7	12.1	<b>231.6</b>	19.3
<b>1997</b>	10.4	14.4	15.5	17.5	25.6	31.7	32.9	31	25.2	19.9	13.5	10.6	<b>248.2</b>	20.7
<b>1998</b>	10.4	12.4	14.3	18.1	19.9	29.8	34.1	31.8	27.5	19	13.8	9.3	<b>240.4</b>	20
<b>1999</b>	9.7	8	14	19.2	27.4	31.3	32.6	35.4	28	23	12.5	9.4	<b>250.5</b>	20.9
<b>2000</b>	9.1	13.6	16.5	19.5	26.2	28.8	33.9	32.8	27.7	18.6	15.2	12.6	<b>254.5</b>	21.2
<b>2001</b>	10.3	11.1	18.9	17.8	22.6	30.9	34.6	33.3	27.1	26.1	13.8	10.2	<b>256.7</b>	21.4
<b>2002</b>	11.2	14.1	16.3	19.1	25	31.6	32.7	31	26.5	22.9	13.8	11.3	<b>255.5</b>	21.3
<b>2003</b>	8.4	8.6	15	18.2	23.8	31	35.9	34	26.3	21.7	15.3	9.2	<b>247.4</b>	20.6
<b>2004</b>	10.5	14.5	15.8	16	19.2	28.6	33.7	34.7	28.1	25	13.6	9.8	<b>249.5</b>	20.8
<b>2005</b>	8.9	7.5	16.2	18.3	26.8	30.6	35.6	32.3	26.7	22.7	14.9	9.1	<b>249.6</b>	20.8
<b>2006</b>	8.1	9.8	16.6	21.6	26.2	31	33.7	32.6	26.8	25.4	17.2	11	<b>260</b>	21.7
<b>2007</b>	14	13.3	13.1	17.2	23.1	31.3	33.9	33.6	27.9	21.1	14.3	10.4	<b>253.2</b>	21.1
<b>2008</b>	12.9	13.8	14.6	19.8	23.7	28.6	34.9	34.4	27.4	20.6	12.9	9.3	<b>252.9</b>	21.1
<b>2009</b>	9.5	9.9	14.4	14.8	24.8	31.2	36.7	33.9	25.5	31.3	17.3	13	<b>252.3</b>	21
<b>2010</b>	11	12.8	15.5	18.9	20.2	29.1	34.7	33.8	27.5	21.6	14.1	11.7	<b>250.9</b>	20.9
<b>2011</b>	11.5	10.2	13.9	20.4	22.6	28.7	34.8	34.9	30.3	21.3	15.6	11.2	<b>255.4</b>	21.3
<b>2012</b>	10.8	6.9	15.6	17.1	25.8	34.6	36.2	36.9	28.7	23.7	16.9	12.1	<b>265.3</b>	22.1
<b>2013</b>	10.5	9	15.1	19.3	21.8	29.2	34.9	33	28.1	27.3	13.9	11.1	<b>253.2</b>	21.1
<b>2014</b>	11.8	13.5	12.9	20.7	25	29.3	33.9	35.1	31.1	25.2	17.9	9.6	<b>266</b>	22.2
<b>2015</b>	9.6	8.2	14.6	21.4	26.4	29.4	35.3	33.6	28	21.4	16.3	14.5	<b>258.7</b>	21.6
<b>2016</b>	13.6	13.4	13.9	20.4	24.7	30.8	34.4	32.7	27.6	25.2	16.1	12.6	<b>265.4</b>	22.1
<b>2017</b>	7.7	14.5	18	19.7	28	32.1	35.4	35.7	28	22.1	14.7	9.4	<b>265.3</b>	22.1
<b>Moyen</b>	10.3	11.2	14.5	18	23.5	29.8	34.1	33.4	27.5	22	14.9	10.6	<b>249.8</b>	20.8

(Station: Sétif-aéroport, 2018)

Annexe 6 : Vent Moyen Mensuel (en m/s) (1982/2017)

Année	Jan	Févi	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc	Total	Moye
1986	2.7	3	3	3.3	3.1	2.9	2.9	2.8	2.6	2.4	2.8	2.8	34.3	2.8
1987	2.7	3	3	3.3	3.1	2.9	2.9	2.8	2.6	2.4	2.8	2.8	34.3	2.8
1988	2.7	3	3	3.3	3.1	2.9	2.9	2.8	2.6	2.4	2.8	2.8	34.3	2.8
1989	2.7	3	3	3.3	3.1	2.9	2.9	2.8	2.6	2.4	2.8	2.8	34.3	2.8
1990	2.7	3	3	3.3	3.1	2.9	2.9	2.8	2.6	2.4	2.8	2.8	34.3	2.8
1991	2.7	3	3	3.3	3.1	2.9	2.9	2.8	2.6	2.4	2.8	2.8	34.3	2.8
1992	2.7	3	3	3.3	3.1	2.9	2.9	2.8	2.6	2.4	2.8	2.8	34.3	2.8
1993	2.7	3	3	3.3	3.2	2.9	2.9	2.8	2.6	2.4	2.8	2.8	34.3	2.8
1994	2.7	3	3	3.3	3.1	2.9	2.9	2.8	2.6	2.4	2.8	2.8	34.3	2.8
1995	2.7	3	3	3.3	3.1	2.9	2.9	2.8	2.6	2.4	2.8	2.8	34.3	2.8
1996	2.7	3	3	3.3	3.1	2.9	2.9	2.8	2.6	2.4	2.8	2.8	34.3	2.8
1997	2.7	3	3	3.3	3.1	2.9	2.9	2.8	2.6	2.4	2.8	2.8	34.3	2.8
1998	2.7	3	3	3.3	3.1	2.9	2.9	2.8	2.6	2.4	2.8	2.8	34.3	2.8
1999	2.7	3	3	3.3	3.1	2.9	2.9	2.8	2.6	2.4	2.8	2.8	34.3	2.8
2000	2.7	3	3	3.3	3.1	2.9	2.9	2.8	2.6	2.4	2.8	2.8	34.3	2.8
2001	2.7	3	3	3.3	3.1	2.9	2.9	2.8	2.6	2.4	2.8	2.8	34.3	2.8
2002	2	3	3.6	4.7	3.9	3.6	3.8	4	3.8	3.9	5.5	4.3	46.1	3.8
2003	5.4	4.3	3.5	4.1	3.8	3.8	3.7	3.9	3.9	3.6	3.7	4.4	48.1	4
2004	3.8	3.8	3.9	4.2	4.5	3.6	3.7	4	3.8	3.2	3.7	4.2	46.4	3.9
2005	3.5	4.6	4.4	4.8	3.8	3.9	4.1	4	4.4	3.8	3.8	3.3	48.4	4
2006	4.3	4.4	4.6	3.9	4	5.1	3.9	3.8	3.5	3.5	3.6	3.6	48.2	4
2007	3.3	4.7	4.8	4.8	4	4.7	4	4.4	3.7	4.1	3.8	3	49.3	4.1
2008	3.1	3.6	5.1	4.4	4.2	4	3.6	3.3	3.4	3.4	4.2	3.7	46	3.8
2009	4.5	4.8	3.6	3.7	3.2	3.6	3.5	3.9	2.9	3.3	3.1	3.8	43.9	3.7
2010	4.2	4.5	3.5	3.3	3.6	3.6	3.3	3.3	3.4	3.5	4.3	3.3	43.8	3.6
2011	2.7	4	3.5	3.3	3.4	3.1	3.5	3.2	3.1	3	3.6	2.9	39.3	3.3
2012	3.1	3.6	3.2	3.8	3.2	3.4	3.7	3.8	3.4	3.1	3.1	2.8	40.2	3.3

<b>2013</b>	4	4	4.8	4	3.8	3.5	3.2	3.3	3.2	2.6	4.2	2.8	<b>43.4</b>	3.6
<b>2014</b>	3.6	3.7	4	3.8	3.5	3.7	3.4	3.2	3.2	3	3.6	3.5	<b>42.2</b>	3.5
<b>2015</b>	3.2	4.7	3.6	2.8	3.6	3.5	3	3.1	3.3	3.1	2.7	2.1	<b>38.7</b>	3.2
<b>2016</b>	3.1	3.9	3.9	3.6	3.6	3.5	3.4	3.2	3.1	3.1	3.1	2.9	<b>40.4</b>	3.4
<b>2017</b>	3.7	3.5	3.7	3.8	3.3	3.7	3.6	3.4	3.1	2.5	3.1	3.2	<b>40.6</b>	3.4
<b>Moyen</b>	3.1	3.5	3.5	3.6	3.4	3.3	3.2	3.2	3	2.8	3.2	3.1	<b>38.8</b>	3.2

(Station : Sétif-aéroport, 2019)

## Annexes 2

Tableau de répartition des écosystèmes du Sétifois.

Tableau1. Les caractéristiques des sites d'étude humides.

Le site	localisation	Cordonnées géographiques	Altitude moyenne	Géologie et géomorphologie	Hydrologie
Oued Boussellam	au nord de Farnatou et draine vers Oued Soummam.	36° 10' 00'' N 36° 15' 00'' N et 5° 20' 00'' E 5° 25' 00'' E	1000 m	s'étend sur des roches calcaires appartenant au Quaternaire.	la fonte de la neige du mont de Megress une multitude d'émergences pérennes.
R.C d'oued M'ghassel	0.5 Km au sud-ouest du chef lieu de la commune d'El Ouricia.	36° 16' 20'' N 36° 19' 25'' N et 5° 21' 30'' E 5° 24' 35'' E	1080m	-repose sur un sol d'apport.  -L'écart d'altitude entre les points extrêmes (haut et bas) est d'environ 05 m.	-Alimenté par Oued El M'ghassel.  - La retenue est inondée en hiver et période de crues.
R.C Zairi	2 Km à l'est du chef lieu de la commune d'Ouricia	36°16 ' 20" N 36°19 '04" N et 5°25'05"E 5°27 '30" E	1235m	-appartient de la nappe numidienne constituée de grès avec argiles  -Repos sur un Sol d'apport alluvial.	Alimenté par Oued El Ouricia.
R.C d'Ain Abessa	01 Km au sud ouest d'Ain Abessa chef lieu de commune.	36°17' 20'' N 36° 20' 50'' N et 5° 15' 45'' E 5° 21 ' 45 '' E	1042.5m.	repose sur un sol d'apport alluvial.	Alimenté par Oued Boukhaloua
Oued	A	36°18'36.97'' N	1030 m	Repose sur un sol d'apport	Alimenté par les

Boukhaloua	Ain Abessa	5° 16' 12.91''E		alluvial.	précipitations.
site	localisation	Cordonnées géographiques	Altitude moyenne	Géologie et géomorphologie	hydrologie
R.C Bouchettat	Situé au nord est d'moucha	36° 23' 50'' N 36° 24' 3'' N Et 5° 23' 6.46'' E 5° 23' 21.10'' E	1224.5 m.	Substratum calcaireux à bancs métriques plus ou moins fracturés.	-Alimenté par oued Bouchettat.
R.C Ben Alleg	A Amoucha	36°23'45.25''N Et 5°26'55.10''E	788m	Caractérisée par des formations superficielles d'argiles brunes.	Alimenté par Oued Ben Alleg
R.C d'oued El M'djez	500m du chef lieu de la commune d'Ouled Adouane.	36° 18' 79''N 36° 21' 62'' et 5° 25' 40''E 5° 28' 36''E	1025m.	-repose sur un sol alluvial. - Il est compris entre des collines de faibles pentes (inférieur à 10%)	alimenté par Oued El M'djez.
Oued Ziatine	à environ 20 km au Nord du chef lieu de la wilaya de Sétif et à 7 km au sud de la daïra d'Ain Kebira	36°20'11.81''N 5°29'47.34''E	800m à 1300 m.	La région présente un caractère géologique très mouvementé qui se remarque facilement par la présence du massif montagneux de Babor et par des	Alimenté par Les précipitations

				hautes plaines	
Oued Safsaf	A Beni Fouda	36°15'50.79'' 36°15'24.63'' Et 5° 33' 34.85'' 5° 36' 4.97''	989 m	Repose sur un sol alluvial.	Alimenté par Les précipitations

Tableau 2 : Caractérisation de quelques stations dans cette partie du territoire étudié.

Station : Ain Roua
Espèce dominant : Chêne liège. <i>Quercus rotundifolia-L</i>
Altitude : 1180 mètre
Recouvrement : 50 %
Coordonnée géographique : N 36° 19' 18.83'' E 5° 10' 33.74''
Station : Djebel Anini
Espèce dominant : Matorral troué à Chêne vert. <i>Quercus rotundifolia L</i>
Altitude : 1124 mètre
Recouvrement : 35 %
Coordonnée géographique : N 36° 19' 18.20'' E 5° 13' 46.72''

## Questionnaire

1. Date : .../.../..... Heure : ... h ...mn N° d'ordre du questionnaire : I\_\_I\_\_I\_\_I\_\_I
2. Nom du lieu .....
3. Coordonnées géographiques :
4. L'enquêteur : .....

**2. Information sur l'enquêté :**

1. Sexe : ①Homme ② Femme I\_\_I
2. Âge : ..... Ans. ①<20ans ② 20 à 40 ans ③41 à 60 ans ④>60 ans I\_\_I
3. Etat matrimonial ? ① Marié ② Célibataire ③ Divorcé ④Veuf I\_\_I
4. Nombre d'enfants ? .....
5. Niveau d'instruction :  
①Pas d'instruction ②Coranique ③Primaire ④ Moyen ⑤ Secondaire ⑥Supérieur I\_\_I
6. Depuis quand habitez-vous la région? .....
7. Catégorie professionnelle : I\_\_I\_\_I\_\_I\_\_I  
①Agriculteur ② Eleveur Association
8. Depuis quand exercez-vous cette activité ? .....Et auparavant ?  
.....
9. Est-ce que votre revenu est suffisant ? ①Oui ②Non I\_\_I
10. Êtes-vous : ①Propriétaire ②Locataire ③Concessionnaire ④Métayer  
⑤Autres : .....I\_\_I
11. Est-ce que l'exploitation (le terrain) est une propriété : ①Privée ③ Etatique Autres .....
12. Quelle est la superficie de l'exploitation ? .....
13. Actifs agricoles (nombre de salariés) ? .....
14. Êtes-vous un membre d'une association ? ①Oui ②Non I\_\_I

**3. La perception des acteurs vis-à-vis du climat:** précipitations, température, gel, vent, humidité...)

1. Selon votre observation, le climat a-t-il changé ? ① Oui ② Non I\_\_I
2. Si oui, depuis quand ?  
.....
3. Comment s'est-il manifesté (qu'est-ce qui a changé) ? I\_\_I\_\_I\_\_I  
① Précipitations ② Températures ③ Gel ④ Vent ⑤ Humidité ⑥ Autres.....

**4. La perception des acteurs vis-à-vis du *Changement Climatique***

1. Est-ce que vous avez déjà entendu parler des changements climatiques ? ① Oui      ② Non    I\_\_I

2. Que savez-vous du changement climatique? - D'où provient-il ? - Qui en est responsable ? - Comment se manifeste-t-il ?

3. Qu'est ce qui vient à votre esprit quand vous entendez 'Changements Climatiques' ? I\_\_I\_\_I\_\_I\_\_I

① Le climat      ② Les saisons      ③ L'environnement      ④ Une série de catastrophes ⑤ Autres :

## الملخص:

شهدت سطيف ، مثل مناطق أخرى في الجزائر ، موجات جفاف متكررة لعدة عقود. هذه الأخطار المناخية ، نتيجة لتغير المناخ ، يتم تسليط الضوء عليها من خلال التحليل الإحصائي لبيانات المناخ ، وخاصة هطول الأمطار ودرجات الحرارة. أظهر تحليل السلاسل الزمنية لهذه المعلمات المناخية للفترة من 2000 إلى 2019 ، أن هناك انقطاعاً في هذه السلسلة. تم تأكيد هذا التمزق MODIS و LandSat ، مكملة ببيانات من جهازي استشعار من خلال المسحات الميدانية ، ولا سيما بين المزارعين. يعتمد الحفاظ على الغطاء النباتي ، وكذلك الحفاظ على التنوع البيولوجي ، على الظروف البيئية ، ولا سيما الظروف المناخية. يتم إبراز تأثير تغير المناخ على ديناميكيات النظم البيئية من خلال استخدام صور الأقمار الصناعية. يُظهر التحليل المكاني المرتبط بالتحليلات الإحصائية لسلوك الغطاء النباتي فيما يتعلق بالعوامل المناخية أن الغطاء النباتي للغابات والمروج الحرجية قد بشكل كبير في السنوات العشر الماضية وقد أظهر تطبيق NDMI و NDVI أدى إلى تدهور المناطق التي تشغلها هذه التكوينات. انخفضت قيم تقنيات المراقبة هذه ، على ستة تشكيلات نباتية ، أن هناك انحداراً في الطبقة الخضراء وأن الفينولوجيا في بساتين الأرض قوية جداً. يعتمد على الثلج

الكلمات المفتاحية : تغير المناخ ، بساتين الارز الاطلسي ، ديناميكيات الغطاء النباتي ، NDMI ، NDVI ، سطيف

## Résumé:

Le Sétifois, à l'instar des autres régions d'Algérie, connaît des périodes de sécheresse récurrentes depuis plusieurs décennies. Ces aléas climatiques, conséquence du changement climatique, sont mis en évidence par l'analyse statistique des données climatiques, principalement les précipitations et les températures. L'analyse des séries chronologiques de ces paramètres climatiques, complétée par celles des données de deux capteurs LandSat et MODIS pour une période de 2000 jusqu'au 2019 a montré qu'il y a une rupture au niveau de ces séries. Cette rupture a été confirmée par des enquêtes de terrain, notamment auprès des agriculteurs. Le maintien de la couverture végétale, ainsi que celui de la biodiversité est tributaire des conditions écologiques et plus particulièrement climatiques. L'impact des changements climatiques sur la dynamique des écosystèmes est mis en exergue par l'exploitation des images satellites. L'analyse spatiale associée à des analyses statistiques du comportement de la végétation vis-à-vis a des facteurs climatiques montre que la végétation forestière et prés forestière a eu une dégradation des superficies occupées par ces formations. Les valeurs de l'NDVI et NDMI ont diminuées considérablement dans les dix dernières années. L'application de ces techniques de suivi, sur six formations végétales, a montré qu'il ya une régression du tapis végétal et que la phénologie des cédraies est fortement tributaire de l'enneigement.

Mots clés : Changement climatique, cédraies, dynamique de la végétation, NDVI, NDMI, Sétifois.

## Abstract :

Setifois, like other regions of Algeria, has experienced recurring droughts for several decades. These climatic hazards, a consequence of climate change, are highlighted by the statistical analysis of climate data, mainly precipitations and temperatures. The analysis of the time series of these climatic parameters, supplemented by those of data from two sensors LandSat and MODIS for a period from 2000 to 2019 showed that there is a break in these series. This rupture was confirmed by field surveys, in particular among farmers. The maintenance of plant cover, as well as that of biodiversity, depends on ecological and more particularly climatic conditions. The impact of climate change on the dynamics of ecosystems is highlighted by the use of satellite images. Spatial analysis associated with statistical analyses of the behavior of the vegetation with respect to climatic factors shows that the forest vegetation and forest meadows have had a degradation of the areas occupied by these formations. The values of NDVI and NDMI have declined dramatically over the past ten years. The application of these monitoring techniques, on six plant formations, showed that there is a regression of the vegetation cover and that the phenology of cedar forests is highly dependent on snow cover.

Keywords: Climate change, Cedar groves, vegetation Dynamics, NDVI, NDMI, Setifois.