



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة زيان عاشور-الجلفة

Université Ziane Achour –Djelfa

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا

Département de Biologie

## Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Spécialité : Ecologie Animal(EA).

### Thème

**Evolution spatio-temporelle des foyers des scolytes  
dans la forêt de Sahary (Région de Djelfa)**

Présenté par : M<sup>lle</sup>FEDDA K.  
M<sup>lle</sup>NAILI A.

Devant le jury:

Présidente :	M <sup>me</sup> .DAOUD N.	M.A.A (Univ. Djelfa)
Promotrice:	M <sup>me</sup> DEROUECHE H.	M.B.B (Univ. Djelfa)
Examineur :	M. RAHMOUNE A	M.A. A (Univ. Djelfa)

Année Universitaire (2021/2022).

## **Remerciements**

*Tout d'abord, on remercie le grand dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire. Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mme DEROUËCHE H., on la remercié pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire. Nous souhaites également remercier les membres des jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et l'enrichir par leur propositions. Nous sommes conscients de l'honneur que nous a fait Mme DAOUD N.(M.A.A) en tout que présidente du jury, M RAHMOUNE A. (M.A.A) d'avoir accepté d'examiner ce travail. Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles. Nos vifs remerciements vont à toute l'équipe du laboratoire et la bibliothèque de la faculté S.N.V. pour leurs aides, leurs conseils et leurs disponibilités. Nos profondes remerciements M TAHA BACHIR HAMZA Responsable à la cellule de télédétection SIG (H.C.D.S) pour le travail de traitement des images satellites vont également à toutes les personnes qui nous ont aidé et soutenue de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

**M<sup>lle</sup>FEDDA K, et M<sup>lle</sup>NAILI A.**

## Sommaire

Liste des abréviations.....	<b>D</b>
Liste des figures.....	<b>E</b>
Liste des tableaux .....	<b>F</b>
Introduction .....	<b>1</b>
Chapitre 1 : Bibliographique .....	<b>5</b>
<b>1. Les forêts et leurs importances sur la nature .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Situation administrative et géographique .....</b>	<b>7</b>
2.1. Les formations forestières .....	7
<b>3. Les dépérissements .....</b>	<b>10</b>
3.1. En Algérie.....	<b>10</b>
3.2. Difficulté de l'étude du dépérissement forestier .....	11
3.3. Les facteurs du dépérissement. ....	11
3.4. Symptômes du dépérissement. ....	12
3.5. Relation entre les scolytes et les dépérissements .....	13
<b>4. Données sur la télédétection et son utilisation .....</b>	<b>13</b>
4.1 Historique .....	13
4.2. Définition .....	14
4.3. Principes de base de la télédétection .....	15
4.4. Principales étapes de la télédétection .....	16
4.5. Les bases physiques de la télédétection .....	17
4.6. Indices radiométrique de végétation .....	18
4.7. Applications de la télédétection. ....	19
<b>5. Importance des scolytes dans le dépérissements .....</b>	<b>20</b>
5.1. Définition .....	20
5.2. Cycle de vie .....	21
5.3. Les dégâts .....	23
5.4. Moyen de lutte .....	24
Chapitre 2 : Matériel et méthodes .....	<b>26</b>
I/ Caractéristiques de la zone d'étude .....	<b>27</b>
<b>1. Présentation de la zone d'étude .....</b>	<b>27</b>
1.1. Situation géographique.....	27
1.2. Cadre climatique .....	28
1.2.1. Précipitations .....	28
1.2.2. Température .....	29
1.2.3. Synthèse climatique.....	30
<b>2. Matériels utilisés .....</b>	<b>33</b>
<b>3. Type d'échantillonnage.....</b>	<b>33</b>
<b>4. Recueil des insectes récoltés des sujets dépéris .....</b>	<b>35</b>
<b>5. Identification des espèces de scolytes récoltées.....</b>	<b>36</b>
II / Méthode à suivre dans le traitement des images satellites .....	<b>37</b>
<b>1. Diagramme de l'étude diachronique suivie .....</b>	<b>37</b>
<b>2. Approche méthodologique.....</b>	<b>39</b>
2.1. Téléchargement de images satellites ( LANDSAT.8).....	40
2.2. Sélection des dates des images .....	40

2.3. Correction radiométrique. ....	40
2.4. Correction atmosphériques.....	40
2.5. Extraction de la zone d'étude.....	41
2.6. Matériels utilisés .....	42
2.6.1. Logiciels utilisés.....	42
2.7. Méthodes de Classification des images satellitaires .....	43
2.7.1. Classification non supervisée (ISO -DATA) .....	44
2.7.2. Classification supervisée (Maximum de Vraisemblance) .....	45
2.7.3. Evaluation statistique de la classification.....	46
2.7.4. Détermination des surfaces forestières.....	47
2.8. Détermination des foyers dépéris .....	47
2.9. Méthode de calcul des indices.....	48
2.9.1. Indice de végétation (NDVI).....	48
<b>Chapitre 3 : Résultats et Discussion.....</b>	<b>50</b>
<b>I. Présentation des images satellites classifiées .....</b>	<b>51</b>
<b>1. Classification non supervisé par ISO-DATA.....</b>	<b>51</b>
1.1. Image 2017 et statistiques des classes.....	51
1.2. Image 2021 et statistiques des classes.....	54
<b>2. Indice de Végétation Normalisé entre 2017 et 2021. ....</b>	<b>56</b>
<b>3. Présentation de la Carte de changement des classes (entre 2017-2021)..</b>	<b>58</b>
<b>II / Présentation des espèces identifiées .....</b>	<b>58</b>
1. <i>Tomicus destruens</i> . ....	58
2. Le genre <i>Crypturgus</i> .....	61
1. Etude spatiotemporelle du paysage forestier de la région de Had El Shary .....	63
2. Analyse des images NDVI.....	65
Conclusion.....	67
Références Biblio graphiques.....	70
Annexes .....	80
Résumé .....	85

## Liste des abréviations

<b>C°</b>	Degrés Celsius.
<b>E</b>	Est.
<b>Fig.</b>	Figure.
<b>GPS</b>	Système mondiale de positionnement.
<b>Ha</b>	Hectare.
<b>H.C.D. S</b>	Haut commissariat au développement de la steppe Djelfa
<b>m</b>	Mètre.
<b>m<sup>2</sup></b>	Mètrecarré
<b>N</b>	Nord.
<b>NDVI</b>	Normalized Difference Vegetation Index.
<b>O.N.M</b>	Office national de météorologie.
<b>RR</b>	Précipitation.
<b>P.D.A.U</b>	Plan Directeur D'aménagement Urbain.
<b>PIR</b>	Proche Infra Rouge.
<b>R</b>	Rouge.
<b>SIG</b>	Systemes D'information Geographique.
<b>T</b>	Temperature.
<b>%</b>	Pourcentage.
<b>°</b>	Degrés.
<b>ENVI</b>	The Environment for Visualizing Images.
<b>M</b>	Température maximal.
<b>m</b>	Température minimal.
<b>Moy</b>	Moyenne.
<b>OLI</b>	Operationel Land Imager.
<b>TDVI</b>	Transformed difference vegetation index.
<b>TIRS</b>	Thermal Invrared Sensor.

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Aspect générale de la forêt naturelle de Sahary EIDhahri .....	8
<b>Figure 2:</b> Reboisement de Sahary.....	9
<b>Figure 3:</b> Les facteurs accentuant le dépérissement.....	11
<b>Figure 4:</b> Spirale présentant, les facteurs intervenant dans le dépérissement .....	12
<b>Figure 5:</b> Principes de base de la télédétection.....	15
<b>Figure 6:</b> Principales étapes de la télédétection.....	17
Figure 7: Spectre du rayonnement électromagnétique solaire .....	18
<b>Figure 8:</b> Cycle de vie des scolytes .....	23
<b>Figure 9:</b> Localisation géographique de la zone d'étude .....	27
<b>Figure 10:</b> Evolution des moyennes des précipitations mensuelles de la station de Had el shary (2010-2021).....	29
<b>Figure 11:</b> Variations des quantités pluviométriques Inter annuelles de la région de Had El Shary (2010 et 2021). .....	29
<b>Figure 12:</b> Variations des moyennes des températures mensuelles dans la région de Hade El Sahary (2010-2021).....	30
<b>Figure 13:</b> Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (Station de Had El Sahary) pour la période (2010 a 2021). .....	31
<b>Figure 14:</b> Climagramme d'EMBERGER de la station de Had Sahary. ....	32
<b>Figure 15:</b> Ecorce totalement deséchés.....	34
<b>Figure 16:</b> Chute de l'écorce .....	34
<b>Figure 17:</b> Un foyer dépéris et des sujets brûlés complètement.....	35
<b>Figure 18:</b> A : Des espèces des scolytes sur l'écorce. B : Galeries creusées par les scolytes. ....	36
<b>Figure 19:</b> Présentation du matériel utilisé au laboratoire.....	37
<b>Figure 20:</b> Organigramme de traitements des images .....	39
<b>Figure 21:</b> Présentation de la zone d'étude découpée. ....	41
<b>Figure 22:</b> Présentation de la partie découpée de l'image satellite globale (2021).....	42
<b>Figure 23:</b> Statistique des Images satellite classifiées par ISO-DATA.....	51
<b>Figure 24:</b> Présentation globale de l'image satellite classifiée par ISO-DATA (2017).....	52
<b>Figure 25:</b> Présentation de la valeur moyenne des classes introduites par ISO-DATA.....	53
<b>Figure 26:</b> Statistique des Images satellite classifiées par ISO-DATA.....	54
<b>Figure 27:</b> Présentation globale de l'image satellite classifiée par ISO-DATA (2021).....	55
<b>Figure 28:</b> Présentation de la valeur moyenne des classes introduites par ISO-DATA.....	56
<b>Figure 29:</b> Présentation de l'NDVI de l'image satellite de l'année 2017. ....	57
<b>Figure 30:</b> Présentation de l'NDVI de l'image satellite de l'année 2021. ....	57
<b>Figure 31:</b> Carte de changement des classes (classification non supervisée entre 2017 et 2021). ....	58
<b>Figure 32:</b> A:Larve de <i>Tomicus destruens</i> . B: <i>Tomicus destruens</i> (adulte). ....	59
<b>Figure 33:</b> Ecoulement de la résine correspond à l'entrée de l'insecte.....	60
<b>Figure 34:</b> Galeries maternelles et l'ensemble des tracés larvaires sur tronc et l'aubier. ....	61
<b>Figure 35:</b> <i>Crypturgus numidicus</i> F(A:face dorsale,B:face ventrale). ....	62
<b>Figure 36:</b> Présentation des travaux Agricoles à l'intérieur de la forêt de Had El Shary .....	66

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Répartition générale des terres en Algérie. ....	6
<b>Tableau 2:</b> Répartition de la richesse forestière au niveau communal jusqu'à la saison.....	7
<b>Tableau 3:</b> Superficies forestières estimées en hectare en fonction des espèces forestières en 2014.....	9
<b>Tableau 4:</b> Valeur du Q2 , Q3 et étages bioclimatiques.....	32
<b>Tableau 5:</b> Présentation du matériel utilisé au laboratoire. ....	36
<b>Tableau 6:</b> Nombres des foyers déperis dans les régions d'étude.....	47
<b>Tableau 7:</b> présentation des valeurs (pixle, surface en (m2,ha,%)) de différentes classes traitées de l'image satellite (2017). ....	53
<b>Tableau 8:</b> présentation des valeurs (pixel, surface en (m2, ha, %)) de différentes classes traitées de l'image satellite (2021). ....	55

# *Introduction*

## INTRODUCTION

La forêt représente un élément intégral et principal du système de support de la vie de la planète et de l'environnement, c'est un réservoir génétique précieux et source de revenus appréciables, et pour la protéger, elle doit être gérée et développée dans un but d'assurer la durabilité du bien être social et économique (ANONYME, 2009).

L'équilibre écologique, la protection de l'environnement, la désertification et le développement durable sont devenus des questions vitales, alors que la forêt a été considérée par l'homme comme une source inépuisable de bois. Ce milieu a été inconsidérément défriché par l'homme ce qui a entraîné des conséquences néfastes sur la perte de la biodiversité et la destruction de l'équilibre des chaînes trophiques existantes.

A cette exploitation irrationnelle, s'ajoutent les nombreux problèmes posés à l'économie forestière du monde entier, par la très grande nocivité des insectes ravageurs. C'est pourquoi, la lutte contre les ravageurs des forêts passe par la connaissance de l'entomologie forestière, science à laquelle s'intéressent beaucoup de chercheurs actuellement (DUMERLE, 1991 ; ABGRALL & SOUTRENON, 1991).

Les forêts de conifères qui sont l'objet de notre étude, le pin d'Alep, le Thuya et le Cyprès connaissent depuis plusieurs années d'important problème phytosanitaires. Les plus importants sont les insectes ravageurs qui constituent les principales sources de perturbation forestière (KHOUS & GACHI, 1996).

Les pins sont les espèces d'arbres les plus communément plantées à cause de leur croissance rapide, de leur résistance aux conditions les plus xériques, de leur aptitudes à reconstituer les zones dégradées et à occuper les terrains nus (ZAVALA et ZEA 2004). Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*, Mill) est l'une des essences les plus répandues dans la région méditerranéenne, couvrant plus de 855.000 hectares des formations forestières dans les régions arides, semi-arides et subhumides (MEZALI, 2003).

Les écosystèmes forestiers sont sujets à de nombreuses perturbations abiotiques ou biotiques qui peuvent causer des dépérissements, voire des mortalités d'arbres plus

ou moins importantes (DURAND et GILLMANN., 2014). De nombreuses études ont porté sur la mortalité induite par les facteurs abiotiques, notamment les événements climatiques extrêmes comme les sécheresses (ALLEN *et al.*, 2010). Néanmoins, peu d'études se sont intéressées à la mortalité induite par les facteurs biotiques alors que probablement leur présence joue un rôle fondamentale (MCDOWELL *et al.* , 2013). Au cours des dix dernières années, la mortalité des arbres due aux agents pathogènes et aux parasites a augmentée (ROUAULT *et al.*,2006). En effet, les épisodes de sécheresses successives (CAILLERET *et al.* ,2013) ont entraîné un affaiblissement des arbres causant à la fois, une diminution de leurs mécanismes de résistance (ALLEN *et al.*, 2010) et une accélération des cycles de développement des parasites (ROUAULT *et al.*, 2006).

La conséquence directe est une altération de la circulation de la sève élaborée et de la nutrition minérale de l'arbre, pouvant entraîner sa mort plus ou moins rapidement (INCH et PLOETZ .,2012). De plus, l'activité des insectes favorise l'entrée et le développement de champignons dans l'arbre qui contribuent à l'agressivité de l'insecte vis-à-vis de son hôte (HULCR *et al.*, 2015 ; SMITH et HULCR ;2015). La jonction de ces facteurs avec l'attaque des scolytes, constituent des agents de perturbation potentiellement importants dans les zones forestières du monde entier, affectant les processus clés de la dynamique forestière et des services forestiers (HULCR et STELINSKI, 2017).

La probabilité de survie des arbres suite aux attaques est liée à l'interaction entre la capacité des arbres à mobiliser des mécanismes de défense et l'abondance des attaques (PAINE *et al.* , 1997). Par conséquent, les facteurs de stress qui affaiblissent la mobilisation de la défense des arbres ont généralement été associés au déclenchement d'épidémies de scolytes (MARINI *et al.*, 2012) et la sécheresse est particulièrement susceptible d'accroître la sensibilité des arbres aux attaques d'insectes et d'induire des modifications de la physiologie des arbres (NETHERER *et al.* 2015).

Pour améliorer la gestion des ressources forestières il est préalable, d'intervenir le domaine forestier avec l'ensemble des techniques cartographiques qui représente la science de la télédétection.

Elle permet d'obtenir de l'information sur la forêt et sa géographie à travers l'analyse des données acquises à distance sans contact direct (GIACOBBO . ,2000). Ce moyen d'identification et de surveillance des changements du couvert forestier est utilisé depuis des années, pour l'analyse du couvert végétal dans les aires protégées particulièrement en milieu tropical (JUSOFF et SETIAWAN, 2003).

La télédétection satellitaire s'avère un outil efficace dans le suivi de la végétation dans le monde, c'est ainsi que nous avons choisi d'utiliser les outils de cette discipline pour évaluer la dégradation forestière dans la région de Had El Sahary. La cartographie est une simplification logique et scientifique d'une réalité infiniment plus complexe, tout en faisant ressortir les faits les plus significatifs (CARRERAS *et al.* , 1990).

Dans cette perspective, on procède a limité notre zone d'étude englobant la surface forestière dans la région de Had El Sahary. Les objectifs de notre travail sont :

- Réalisation d'un bilan spatiotemporel de la zone d'étude par l'utilisation des données de télédétection (Images satellites) disponible en archives de deux périodes **2017** et **2021** ;
- Analyse et étude de la dynamique spatiotemporelle de la zone d'étude;
- Recueil des facteurs de réflexion sur la nature et les causes des changements (Climatiques et Anthropozoïques) qui interviennent dans la dégradation du couvert forestier de la zone d'étude.
- Elaboration d'une carte de changements d'occupation de sol .

# *Chapitre 1 : Etude Bibliographique*

## Chapitre 1 : Etude Bibliographique

### 1. Les forêts et leurs importances sur la nature

L'Algérie fait partie intégrante du bassin méditerranéen, qui est l'un des berceaux des plus anciennes civilisations au monde et l'une des régions où les ressources naturelles (faune, sol et végétation). elle a connu des agressions humaines contre son milieu naturel et par conséquent la destruction de sa composante biologique en flore et faune (LOUNI ,1994).

Ce patrimoine forestier couvre près de 4,1 millions d'hectares correspondant à 11,5 % du territoire national , Il est constitué de plusieurs écosystèmes à base d'essences principales réparties entre 70 % de résineux et 30 % de feuillus (FAO, 2006). Elle est directement liée au climat méditerranéen qui caractérise tout le nord de L'Algérie. Ces forêts sont hétérogènes et inégalement réparties en fonction de la distribution des méso-climats, de l'orographie et de l'action anthropique. Les caractères du milieu confèrent à la forêt une vulnérabilité et une fragilité accentuée par une exploitation qui dure depuis quelques millénaires. Les forêts climaciques sont assez réduites, de grandes superficies sont remplacées par des formations de dégradation telles que les maquis, les garrigues et les pelouses (BENDERRADJI *et al.* ,2006)(Tab. 1)

**Tableau 1:Repartition Generale Des Terres En Algerie (MEZALI , 2003).**

Essence	Superficie en ha
Pin d'Alep	881.000
Subéraies	229.000
Chêne zeen et afarés	48.000
Cédraies	16.000
Pin maritime	32.000
Eucalyptus	43.000
Genévrier	219.000
<b>Total en Ha</b>	<b>1 .249.000</b>

## 2. Situation administrative et géographique

La région de Had Sahary (53° 21' N, 3° 21' E). Elle se trouve à une altitude de 845 m, la commune forestière de Had Sahary est située dans la partie nord-est de l'Etat de Djelfa, elle occupe une superficie de 356.673ha et encadre les richesses forestières dans les départements administratifs suivants : du sud au nord :

- Had Sahary : qui comprend les municipalités suivantes : Had Sahary /Ain Fekka /Bouira lahdab.
- Birine : Birine /Benhar .

Elle est bordée au nord par Ain Boussif, au sud par Amjdal, à l'est par Sidi Amer, Ain Al-Hajal, et à l'ouest par la commune de Hassi El-Euch et le district de Hassi Bahbah.(ONM,2017).

### 2.1. Les formations forestières

La région de had shary possède un patrimoine forestier typique naturelles et reboisés :

Tableau2:**Répartition de la richesse forestière au niveau communal jusqu'à la saison(2018/2019) :**

Commune	Forêts naturelles	Reboisement	Alliés	Surface total (ha)
Had Sahary	14.815.53	2.168.75	0	85.409
Ain Fekka	7.184.00	152	800	46.424
Bouiralahdab	7.151.53	2.220.00	80	37.840
Total en Ha	29.151.093	5.145. 75	880	169.63

➤ **Forêts naturelles :**

Elles Couvrent plus d'espace: ces Forêts naturelles (pin d'Alep, genévrier épineux) situées à Sahary El dhahri avec une superficie estimée à 29 151,093 ha sur les zones semi arides. Alliés : couvrent de vastes étendues du sol de la province, elle est estimée à des milliers d'hectares, c'est une plante compatible avec le climat local résistante à la sécheresse.

Cependant, ces dernières années, ces zones ont rétréci en raison du surpâturage et de l'écrasement avec la présence de facteurs naturels(Fig.1).



**Figure 1: Aspect générale de la forêt naturelle de Sahary El Dhahri (Originale, 2022).**

➤ **Les reboisements :**

Depuis 1981, un effort considérable a été conduit dans le cadre de reboisements en zones semi-arides et arides. Dans la région de Sahary, les principaux projets sont localisés à Ain Rmaila (800ha) de pin d'Alep, pour une surface totale estimée à 5.145.74 ha (C.F.HS,S.d )(Fig.2 ).



**Figure 2: Reboisement de Sahary (Originale, 2022).**

Ces surfaces forestières sont occupées par un ensemble de l'espèce forestière dont les plus importantes sont représentées sur le tableau suivant :

**Tableau 3: Superficies forestières estimées en hectare en fonction des espèces forestières en 2014(DEROUECHE, 2015).**

Commune	Pin d'Alep	Cyprès	Genévrier du phénicien	peuplier	Eucalyptus	Total en ha
Had Sahary	1682,75	0	14815,56	0	0	16498,31
Bouira lahdab	1170	0	7151,53	0	0	8321,53
Ain Fekka	107	0	7184	0	0	7291

Ces forêts quelle soient naturelles ou reboisement ont subi une dégradation accentuée ces dernières décennies, à cause de plusieurs facteurs dont les plus importants est l'action anthropozoïque et la successivité des périodes sèches rend ces forêts épuisées et dégradées.

Ces forêts dépérissent est le problème posé sur la totalité des forêts mondiales.

### **3. Les dépérissements**

#### **3.1. En Algérie**

Le dépérissement forestier est un processus complexe pouvant être attribué à un large éventail de causes potentielles, impliquant le plus souvent des sécheresses antérieures qui initient une baisse de la vitalité, une réduction de croissance et une longue chaîne d'événements interactifs (BRAHIM *et al.* 2016) .

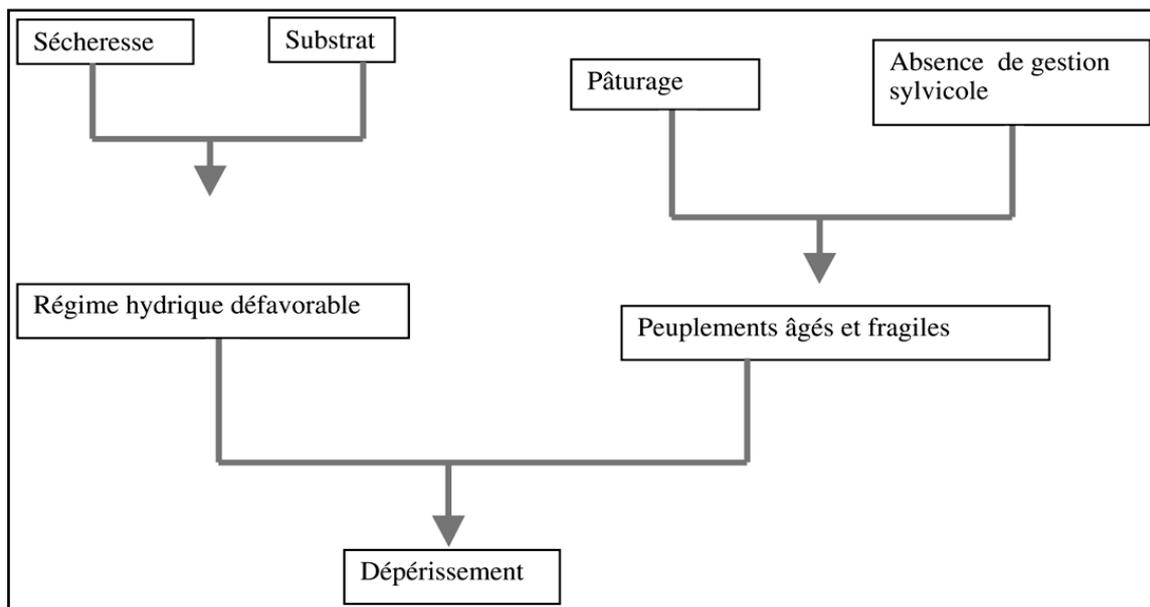
Ce processus évolutif, faisant intervenir de multiples causes qui agissent en synergie. Il se traduit par une perte de vitalité progressive des mortalités d'organes pérennes (branches, rameaux notamment chez les feuillus) ou des pertes prématurées d'aiguilles chez les conifères. On observe alors un éclaircissement du houppier, conséquence d'une réduction de la masse foliaire (FOIT *et al.* , 2007).

En Algérie, un dépérissement inquiétant du cèdre de l'Atlas s'est développé depuis quelques années au niveau des cédraies des Aurès à des degrés de gravité variables.

Le dépérissement touche pratiquement les arbres situés dans de mauvaises conditions d'alimentation en eau (pente forte, sol superficiel, arbres déchaussés), mais on s'est aperçu aussi que même dans les bas-fonds au niveau de l'écoulement des eaux, les arbres sont aussi menacés par ce fléau.

Ce processus se traduit par un dessèchement de la cime engendrant un jaunissement et une chute des aiguilles de l'arbre qui descend progressivement vers le bas. Les arbres concernés présentent des signes d'affaiblissement au niveau des rameaux qui s'amollissent et qui pendent.

D'autres facteurs d'affaiblissement interviennent, tels que les insectes déflorateurs (scolytes, et la processionnaire du pin) et les champignons comme l'Armillaire (*Armillaria mela*), qui est fréquemment observée sur les arbres dont la vitalité a diminué ou sur des arbres déjà morts (BENTOITI ,2008).



**Figure 3: Les facteurs accentuant le dépérissement (BENTOITI ,2008).**

### **3 .2. Difficulté de l'étude du dépérissement forestier**

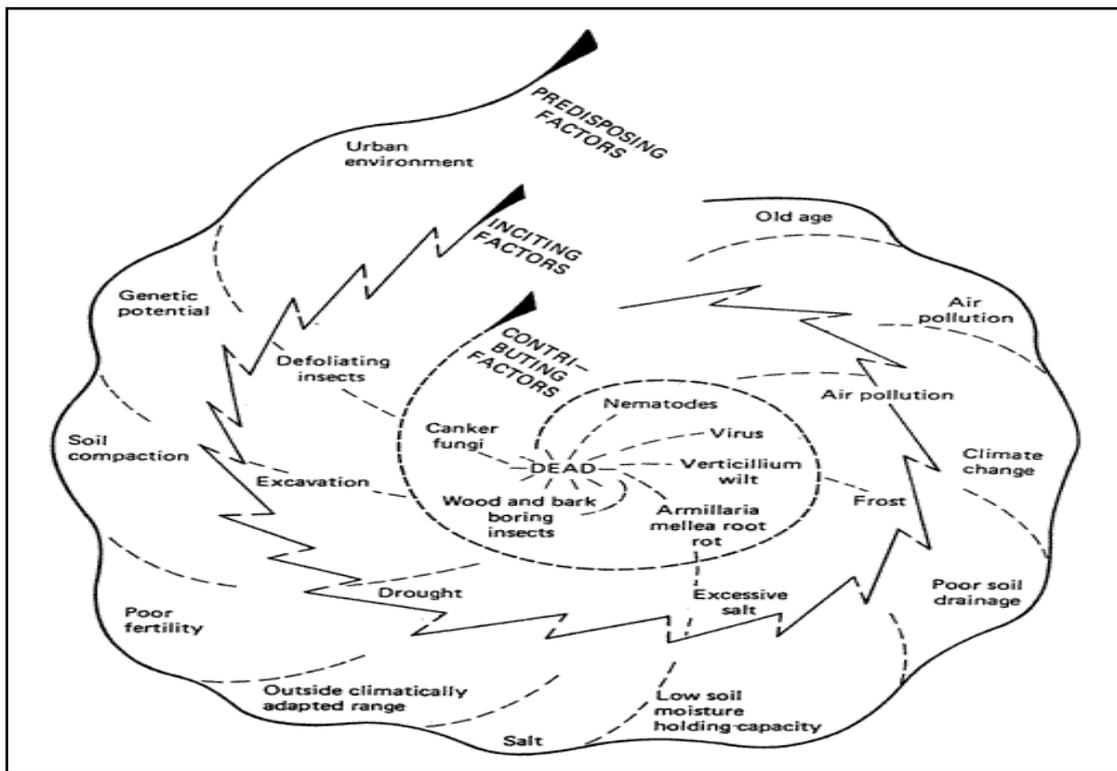
L'étude du dépérissement des arbres est complexe, puisqu'il s'agit bien souvent de déterminer et d'évaluer plusieurs facteurs (abiotiques et biotiques), agissant simultanément sur le peuplement forestier et pendant une longue période. Pour LANIER (1976), l'étude des dépérissements forestiers présente de grandes difficultés en raison de la complexité des trois domaines ,dont lesquels ils se manifestent à savoir le sol, l'atmosphère et l'environnement biologique des arbres concernés. Chaque cas de dépérissement est induit généralement par un ensemble de facteurs agissant simultanément selon une chronologie, ou les uns après les autres dans le processus de détérioration des arbres (NICHANE ,2005).

### **3.3. les Facteurs du dépérissement.**

On distingue trois types des facteurs qui provoquent le dépérissement :

- Les facteurs prédisposant : ce sont des facteurs toujours présents agissant à long terme pour diminuer la vigueur de l'arbre : changement climatiques, station à faible réserve en eau , sols peu fertiles, sénescence du peuplement, sites à exposition sud

- Les facteurs déclenchant : ce sont des facteurs qui favorisent l'apparition des symptômes. Ils peuvent être d'origine biotique insectes défoliateurs ou agents cryptogamiques primaires.
- Les facteurs aggravants : ce sont des facteurs qui provoquent les symptômes relativement visibles et identifiables. Ils sont souvent soupçonnés d'être l'origine du dépérissement alors qu'en réalité leur installation ne peut se réaliser que sur des arbres en début de dépérissement (SARMOUM, 2018).



**Figure 4: Spirale présentant, les facteurs intervenant dans le dépérissement (MANION, 1981).**

### 3.4. Symptômes du dépérissement.

Ces symptômes peuvent être provoqués par des constellations de conditions défavorables et ou d'agressions fortes différentes. Les arbres sont capables de réagir aux influences exercées par divers agents ; des signes apparaissent sur leurs parties aériennes. Aiguilles qui rougissent puis tombent l'année suivante, cime dénudée, coloration anormale, déficits foliaire et des branches mortes, se sont les signes du dépérissement de la forêt méditerranéenne, donc plusieurs contraintes se conjuguent

(conditions stationne les difficiles, pollution, salinité et le vent...etc.), les symptômes concernent trois niveaux :

➤ **Symptômes sur aiguilles et feuilles** : chute prématurée « défoliation précoce », éclaircissement, dénudement de rameaux, de parties ou de la totalité de la couronne. Décoloration jaunâtre et blanchâtre (chloroses), brunâtre, flétrissement, anomalie de croissance, déformation.

➤ **Symptômes sur bourgeons, pousses et rameaux** : chute des pousses, décoloration jaunâtre, flétrissement, anomalie de croissance, déformations,...

➤ **Symptômes sur tronc et branches** : chute, décoloration jaunâtre, flétrissement, écoulement de résine, anomalie de croissance, déformation, plaies ouvertes cicatrisées(NICHANE ,2015) .

### **3.5. Relation entre les scolytes et les dépérissements**

Les dépérissements des forêts de pin d'Alep en zone semi-aride sont en étroite relation avec l'activité des populations de diverses espèces de scolytes. Les périodes de sécheresse enregistrées au cours de ces dernières décennies expliquent en grande partie le passage de l'état endémique à l'état épidémiologique de certaines espèces. Les fluctuations saisonnières des températures et des quantités pluviométriques enregistrées au cours du temps ont conditionné la multiplication et l'activité de plusieurs espèces de scolytes. Une bonne façon de se persuader de la réalité du risque futur de dépérissement des forêts, est de mesurer l'évolution des mortalités au cours des dernières décennies où le réchauffement climatique a été pour tant d'ampleur relativement faible de 0,6 à 1,2°(CHAKALI 2007).Ce phénomène avec sa complexité attire l'attention de plusieurs chercheurs dont l'outil la plus importante dans la détermination de dépérissement est la télédétection.

## **4. Données sur la télédétection et son utilisation**

### **4.1 Historique**

La télédétection est devenue possible le jour du premier vol en ballon en 1738 et qui a permis par la suite à Félix Tournachon en 1858 de prendre la première photographie aérienne de Paris. Ce fut le point de départ de toute une dynamique qui jettera les bases de la télédétection contemporaine. Dès le début du XXème siècle et

grâce aux nombreux développements survenus dans le domaine de l'aviation, il était désormais possible de sillonner le ciel et d'obtenir une vision de l'ensemble de notre milieu qui était limité dans un premier temps. Parallèlement à cela, de nombreux capteurs utilisant les pellicules couleur ont été développés depuis 1895(CALOZ, 1994).

La photographie aérienne constitue le plus ancien des supports utilisés par les thématiciens ayant donné naissance à la photo-interprétation. Elle a ainsi permis une vision globale et synoptique de notre milieu tout en restant limité au seul domaine visible. Pour les domaines non visibles, tel l'infrarouge qui a été découvert par Herschel en 1800, jusqu'au 1960 pour qu'il soit appliqué dans l'étude de la végétation et la détection des maladies des plantes.

Pour détecter les variations de températures de la surface terrestre et des océans, il faut des capteurs sensibles à l'infrarouge thermique aux environ de dix microns, ce qui a amené à la conception des détecteurs électroniques.

#### **4.2.Définition**

"La télédétection est l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci. *Télé* signifie "à distance" et *détection* veut dire "découvrir" ou "déceler" (Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale, 1988).

C'est une discipline qui cherche à obtenir des informations de la Terre en utilisant des images acquises par des satellites ou des plateformes aériennes, on se servant de la radiation électromagnétique émise ou réfléchié par la surface terrestre(KANGAS et MALTAMO, 2006).

Elle utilise les propriétés physiques des objets pour acquérir des informations sur leur nature, ceci implique une interaction entre l'énergie qui est transmise par le rayonnement électromagnétique et les objets. Pour la plupart des plates-formes satellitaires, cette énergie est enregistrée par un capteur et transmis à une station de réceptions, sous forme d'une image numérique (GIRARD et GIRARD, 1989).

### 4.3. Principes de base de la télédétection

La télédétection utilise les propriétés physiques des objets, communément appelés cibles, pour acquérir des informations sur leur nature et les définir. Elle implique une interaction entre l'énergie qui est transmise par le rayonnement électromagnétique provenant d'une source naturelle (par exemple le soleil) ou artificielle (par exemple l'émission de micro-ondes) et la cible.

Cette énergie est ensuite captée par un système d'observation, le capteur (embarqué à bord d'un satellite), qui l'enregistre et la transmet à une station de réception traduisant alors ce signal en image numérique. Le rayonnement électromagnétique interagit une première fois avec l'atmosphère lors de son parcours de la source vers la cible, puis dans le sens inverse de la cible vers le capteur. Ces interactions induisent des modifications du signal électromagnétique qu'il est nécessaire de prendre en compte dans la caractérisation de l'objet observé à la surface du sol (SOUDANI, 2005a).

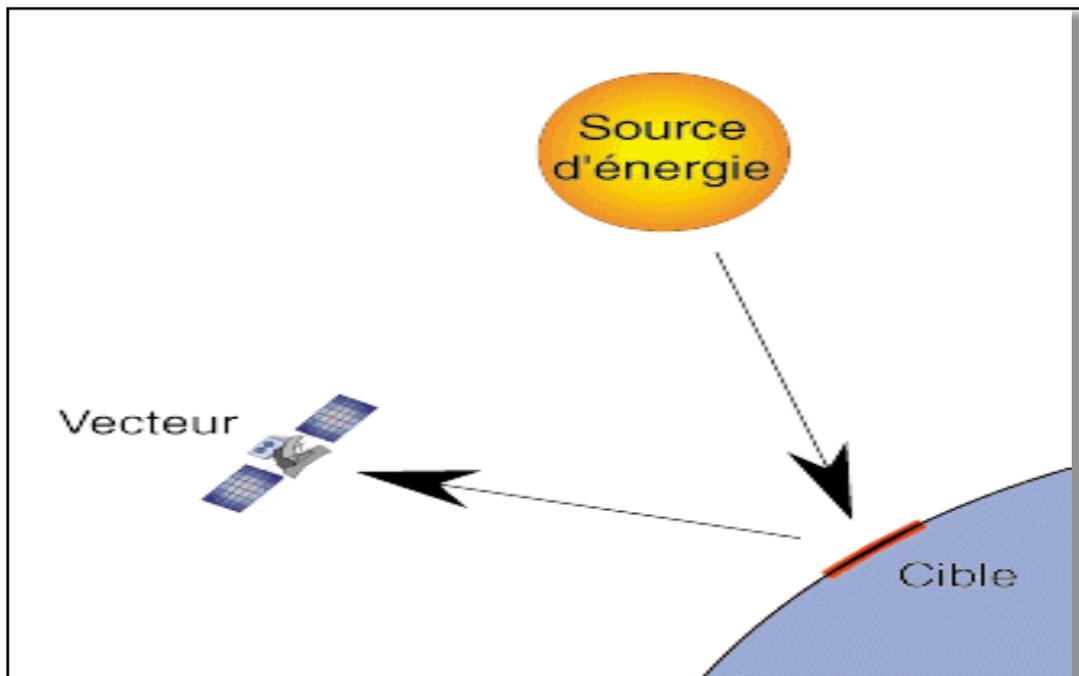


Figure 5:Principes de base de la télédétection (SOUDANI, 2005b).

- **La cible :** est la portion de la surface terrestre observée par le satellite, sa taille peut varier de quelques dizaines à plusieurs milliers de kilomètres carrés.
- **La source d'énergie :** est l'élément qui « éclaire » la cible en émettant une onde électromagnétique ou flux de photons).la source d'énergie est le soleil

➤ **Le vecteur** : ou plate-forme de télédétection mesure l'énergie solaire (rayonnement électromagnétique) réfléchi par la cible . le vecteur peut-être un satellite ou un avion, dominant la cible de quelques centaines de mètres à 36000 kilomètres.

Les capteurs embarqués sur le satellite mesurent le rayonnement électromagnétique réfléchi, puis un émetteur renvoie l'image sur terre vers des stations de réception.

Lorsque le satellite ne fait que capter le rayonnement réfléchi, on parle de télédétection passive et émet une onde vers la cible et en mesure l'écho, on parle de télédétection active (GIRARD et GIRARD 1989).

#### 4.4. Principales étapes de la télédétection

La télédétection englobe 7 étapes dans son principe :

➤ **Source d'énergie ou d'illumination (A)** ; À l'origine de tout processus de télédétection se trouve nécessairement une source d'énergie pour illuminer la cible.

➤ **Rayonnement et atmosphère (B)** : Durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, le rayonnement interagit avec l'atmosphère. Une seconde interaction se produit lors du trajet entre la cible et le capteur.

➤ **Interaction avec la cible (C)** ; Une fois parvenue à la cible, l'énergie interagit avec la surface de celle-ci. La nature de cette interaction dépend des caractéristiques du rayonnement et des propriétés de la surface (LACOMBE et SHEEREN.2007).

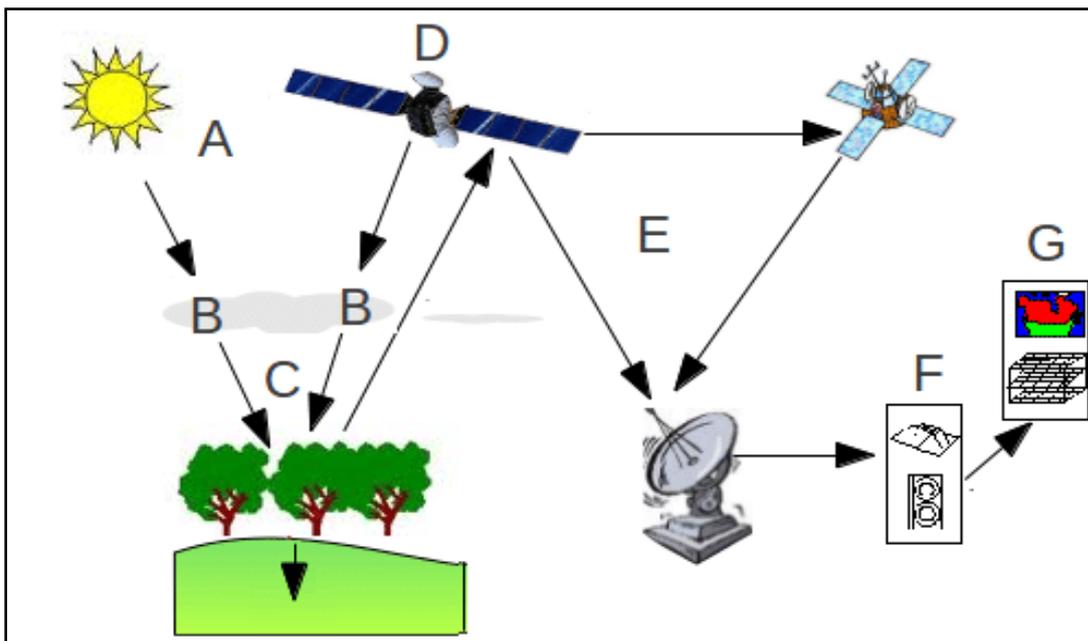
➤ **Enregistrement de l'énergie par le capteur (D)** ; Une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée à distance (par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible) pour être enfin enregistrée.

➤ **Transmission, réception et traitement (E)** ; L'énergie enregistrée par le capteur est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques).

➤ **Interprétation et analyse (F)** ; Une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est ensuite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible.

➤ **Application (G)** ; La dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible, pour nous en faire découvrir de nouveaux aspects ou pour aider à résoudre un problème particulier.

Ces sept étapes couvrent le processus de la télédétection, du début à la fin



**Figure 6:Principales étapes de la télédétection (Centre canadien de la télédétection, 2008).**

#### **4.5. Les bases physiques de la télédétection**

##### ➤ **Rayonnement électromagnétique :**

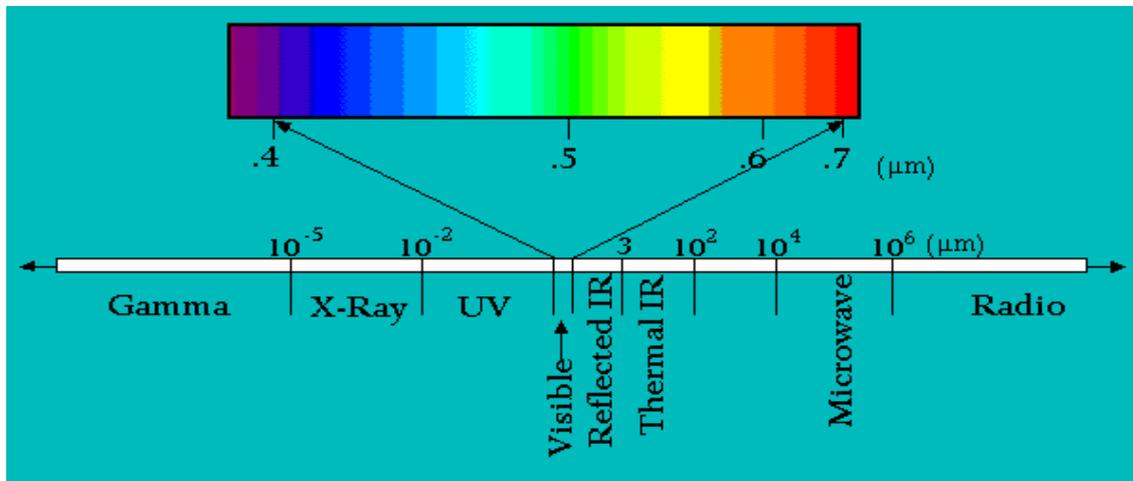
Selon la théorie corpusculaire de la lumière, le rayonnement électromagnétique peut être considéré comme étant un flux de particules élémentaires appelés photons. Selon la théorie Ondulatoire, le rayonnement électromagnétique est composé de deux vecteurs champ électrique et magnétique perpendiculaires, et se déplaçant à la vitesse de la lumière. Deux propriétés principales caractérisent une onde électromagnétique : sa longueur et sa fréquence ( SOUDANI ,2005).

##### ➤ **Le spectre électromagnétique :**

Les ondes électromagnétiques se propagent dans le vide, la source de ce spectre électromagnétique dite direct lorsqu'elle provienne du soleil, lorsqu'elle est indirecte ,elle sera réfléchié par un autre Object. L'excitation continue des particules solaires sur sa couche externe (Photosphère) induit à une libération d'une énergie sous forme de photons, chaque photon va transporter une quantité d'énergie, selon Einshtein cette quantité d'énergie est dite Quantum d'énergie.

Le domaine visible du spectre électromagnétique s'étale de (0.4 $\mu$ m à 0.8  $\mu$ m). Ce domaine est précédé par les domaines des UV (Ultra-violets), rayons X et rayons

Gamma. Le domaine visible est suivi par les domaines IR (infra-rouge) et des ondes radio (Fig.7).



**Figure 7: Spectre du rayonnement électromagnétique solaire (SOUDANI, 2005).**

➤ **Signatures spectrales :**

Par définition, la signature spectrale est la représentation graphique d'une réflectance caractéristique d'un objet en fonction de la longueur d'onde. Elle se représente par une courbe : Réflectance = F, Longueur d'onde).

En télédétection visible et infrarouge proche, les surfaces naturelles se caractérisent par de très importantes variations de la réflectance selon la longueur d'onde. Elle permet donc de discriminer les principaux types de surfaces terrestres ou d'analyser plus finement les propriétés de ces surfaces (GUYOT *et al* ,1989).

**4.6. Indices radiométrique de végétation**

La variation de la réponse spectrale mesurée au niveau du capteur satellitaire est un indicateur de changement du milieu. Si l'on s'intéresse aux thèmes sol et végétation, les changements subtils de la couleur et de la minéralogie du premier et les variations de la structure et de la répartition spatiale du deuxième peuvent être des indicateurs de changements et de dégradations des milieux naturels.

Dans ce sens, plusieurs travaux ont montré l'intérêt d'utiliser les indices spectraux basés sur la courbe de réflectances des sols, tels que l'indice de forme (**IF**), l'indice de coloration (**IC**) et l'indice de brillance (**IB**) pour caractériser l'état de surface des sols particulièrement dans les régions arides et semi-arides. En plus de ces trois indicateurs, les sols peuvent aussi être caractérisés par l'intensité (I), la teinte (T) et la saturation (S) qui correspondent, respectivement à la brillance de la couleur, à la dominance spectrale de la couleur, ainsi qu'à la pureté de la couleur.

Sachant que la végétation protège les sols contre la dégradation, les indices de végétation comme le **NDVI** (normalise différence végétation index) et le **TDVI** (transforme différence végétation index) ont été aussi utilisés. En outre, l'analyse des composantes principales (**ACP**) comme indicateurs de l'état des sols et leurs occupations en se basant sur la dé-corrélation statistique entre les bandes spectrales ont été considérées( BARET et GUYOT ,1991 ).

Les indices de végétation sont basés sur la réflectance différentielle des tissus végétaux vivants ou photo synthétiquement actifs dans les longueurs d'onde du rouge(R) et du proche infrarouge (PIR) du spectre électromagnétique dans le domaine solaire.

En effet, les feuilles vertes réfléchissent une très faible proportion du rayonnement incident dans la bande du rouge et une très forte proportion dans la bande du proche infrarouge (AITOUDA ,2012).

#### **4.7. Applications de la télédétection**

Le logiciel de traitement d'images constitue une application concrète et utile de l'informatique pour la géographie, la biologie, la géologie, ces domaines d'application se résume comme suit ;

##### **➤ Sciences de la terre ;**

- ✓ Des mesures par triangulation entre la terre et le satellite permettent de suivre la dérive des continents (moyenne de centaines de mesures).D'autres mesures permettent de dresser une "carte des risques" pour certaines régions menacées Ex ; des glissements de terrains, par des failles .

- ✓ recherches géologiques et minières, volcanisme.
- **Sciences de l'atmosphère ;** Météorologie - prévisions.
- **Sciences biologiques ;**
  - ✓ surveillance de l'environnement terrestre et océanique, détection des nuisances (pollution, parasites de cultures),
  - ✓ gestion des ressources renouvelables : état des cultures, estimation de biomasses, estimation de dégâts causés par le gel, la sécheresse, les incendies, les vents, les eaux,
  - ✓ analyse des paysages, de migrations.
- **Géographique ;** Turbidité des côtes, sédimentation, aménagements urbains, périurbains, cartographie, étude du parcellaire.
- **Glaciologie ;** Surveillance des glaciers, des icebergs (GUILLET, 2005).

## 5. Importance des scolytes dans le dépérissements

### 5.1. Définition

Un **scolyte** est un insecte coléoptère très nuisible, c'est un ravageur polyphage qui creuse des galeries rayonnantes dans les arbres des forêts. d'une longueur de 5 mm environ variable selon l'espèce. Cet insecte appartient à la sous-famille *Scolytinae*, la famille de *Curculionidae*. Il existe environ 220 genres et environ 6000 espèces de scolytes dans le monde.

En tant que consommateurs primaires ou destructeurs, les scolytes jouent un rôle important dans l'écosystème forestier. ils sont très connus par ces dégâts considérables, après une propagation massive de certains espèces ravageurs forestiers dans les forêts. Ces coléoptères forent dans l'écorce ou dans le bois pour la ponte.

Les larves se nourrissent des couches de l'arbre (phloème et xylème) et perturbent par la suite le transit de la sève brute et élaborée, l'infestation entraîne généralement sa mort.

Les grands scolytes d'écorce et leur essence préférée sont :

- *Ips typographus* (bostryche typographe) infeste les épicéas en Eurasie.
- *Pityogenes chalcographus* (dendroctone de l'épinette à six dents) infeste les épinettes (dont les mélèzes) en Eurasie.

- *Tomicus piniperda* et *Tomicus minor* (jardinier des bois) infestent les pins *Pinus* en Europe.
- *Scolytus intricatus* (coléoptère du chêne) infeste les chênes *Quercus* en Europe.
- *Taphrorychus bicolor* (coléoptère du hêtre) infeste les hêtres *Fagus* en Europe.

Les larves des scolytes de bois vivent dans le corps en bois et se nourrissent de "pelouses fongiques" (ambrosie) créées par la femelle reproductrice :

- *Trypodendron lineatum* (dendroctone des conifères à deux bandes) infeste les bois résineux.

En général, les arbres situés sur des sites sains sont en bonne santé et capables de se défendre contre les ravageurs. Dans la forêt éco systémique, des espèces individuelles de scolytes provoquent la mort des arbres affaiblis et laissent donc la place à de nouveaux peuplements d'arbres, qui peuvent être mieux adaptés à l'emplacement.

Sur les chaînes de montagnes plus élevées, les scolytes sont optimisées lors de conditions climatiques extrêmes (longues périodes de chaleur ou de sécheresse, hiver avec de nombreuses averses de neige), les scolytes peuvent se multiplier de manière explosive (les années avec propagation en masse sont, par exemple, 1994/95, 1999, 2003/2004.....etc.).

La plupart des espèces de scolytes sont incapables de tuer des arbres vivants en bonne santé. Cependant, en tant que destructeurs de bois déjà en décomposition, ils jouent un rôle important de décomposeurs dans l'écosystème forestier (BAGNOULS F *et al.*, 1953)

Le scolyte du caféier *Hypothenemus hampei* est un ravageur agricole très important d'origine africaine à répartition pantropicale, qui n'attaque pas le bois du caféier mais le fruit (JEAN, 2011).

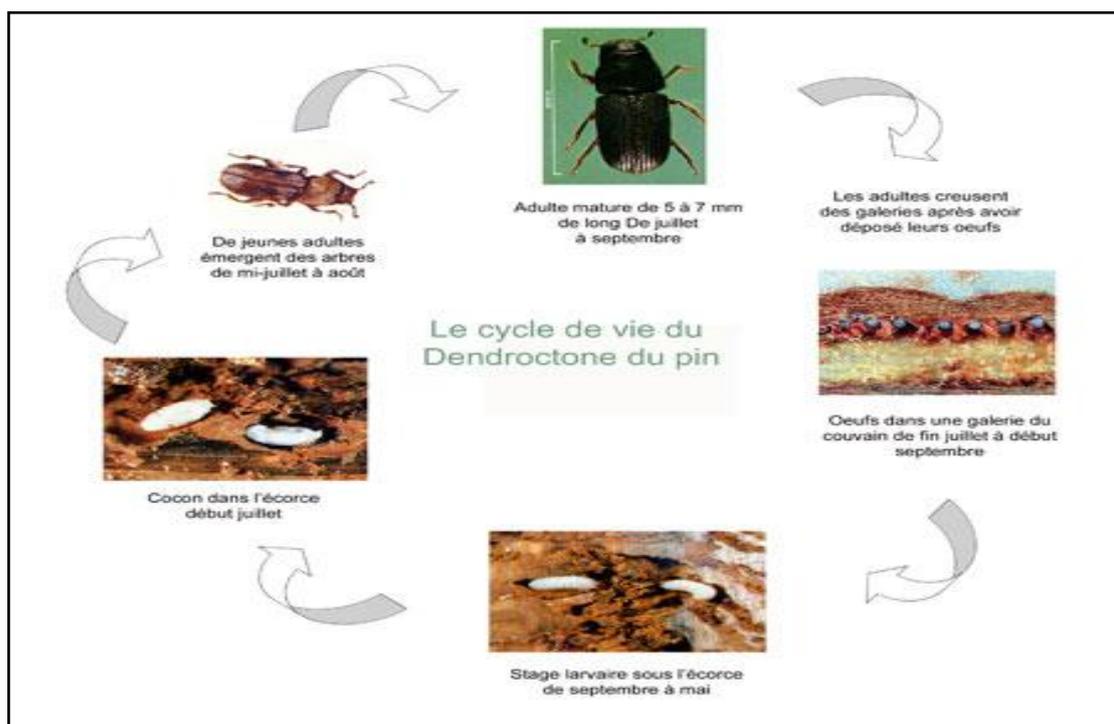
## 5.2. Cycle de vie

Les adultes passent l'hiver sous l'écorce s'enfonçant souvent de quelques millimètres dans le bois. Ils essaient au printemps (avril-mai) à des températures supérieures à 18°C. L'espèce étant polygame, c'est le mâle qui perce l'écorce. Il

construit des chambres d'accouplement dans lesquelles il attire plusieurs femelles qu'il féconde au fur et à mesure de leur arrivée. Celles-ci vont creuser à leur tour des couloirs de ponte plus ou moins sinueux à partir de la chambre nuptiale rendant compte de l'aspect étoilé du réseau de galeries de l'espèce. Ces couloirs peuvent être éventuellement aérés par des petits orifices (SAFRANYIK, 2017).

Une femelle peut pondre de 30 à 60 œufs à des températures supérieures à 12°C. Les œufs donnent naissance à des larves qui entaillent chacune un couloir larvaire assez court dans le liber. Selon VALLET (1981) la durée maximale du développement de l'espèce en forêt d'Orléans, mesurée de la pénétration de la fondatrice sous écorce à la mue imaginale, est de 45 jours sur rondins d'expérience à 12°C. Cette durée est réduite lorsque la température moyenne s'élève (35 jours à 15°C). Les imagos de la première génération entament ensuite une période de maturation où ils effectuent des morsures de nutrition puis essaient fin juillet-début Août. Ils sont alors à l'origine d'une deuxième génération dont le développement s'achève vers la fin de septembre pour les individus les plus précoces. Les adultes survivants à cette époque commencent à hiberner sous écorce en octobre.

Il peut arriver que, dès la fin du mois d'Août, lorsque la température externe semble encore favorable, mâles et femelles creusent des galeries sinueuses s'enfonçant dans l'aubier ou constituent des systèmes d'architecture variable comptant plus d'une vingtaine de galeries dont certaines détruisent d'autres systèmes préexistants. Ces pénétrations correspondent au début d'une troisième génération, constituent probablement en réalité une phase de prise alimentaire supplémentaire dont la signification biologique reste à élucider (LEVIEUX *et al*, 2021).



**Figure 8: Cycle de vie des scolyte ( SAFRANYIK ,2017).**

### 5.3. Les dégâts

Les dégâts observés semblent être l'une des nombreuses conséquences indirectes des changements climatiques, de sévères sécheresses ont été observées ces dernières années, provoquant un stress hydrique qui fragilise généralement les épicéas, permettant alors l'arrivée des scolytes souvent en lien avec des facteurs secondaires.

De plus, la tempête Friederike qui a sévi plus particulièrement en Allemagne et en Europe centrale en 2018 a été un facteur supplémentaire déclenchant la pullulation de scolytes. Par ailleurs, deux cycles de reproduction par an chez le scolyte sont observés, plus de trois cycles ont été comptabilisés localement dans des conditions climatiques particulièrement propices à leur reproduction au cours des dernières années. Les attaques sont généralement massives à l'échelle de l'arbre, le scolyte libérant quantité de phéromones d'agrégation afin d'attirer ses congénères.

Les indices de présence sont discrets au début de l'attaque : orifices de pénétration de l'insecte au niveau de l'écorce, sciures rousses au pied de l'arbre et parfois écoulements de résine. Ce dernier indice témoigne de la réaction de l'arbre faces

l'invasion. À un stade avancé, on observe un décollement de l'écorce caractéristique ; la mort de l'arbre intervient alors dans les semaines qui suivent.

#### **5.4. Moyens de lutte .**

Pour limiter le développement du ravageur, la principale solution préconisée depuis plus d'un siècle consiste à prélever les arbres atteints à un stade précoce où les indices sont pourtant difficilement détectables, afin d'évacuer les bois et de détruire les foyers de populations (écorçage, broyage).

On peut citer d'autres moyens de lutte mais ils n'élimineront pas l'insecte du milieu forestier mais ils peuvent réduire considérablement l'ampleur de l'attaque dans le temps et dans l'espace.

##### **➤ Élimination des arbres porteurs de larves :**

Cette méthode semble être la plus efficace pour garder ce scolyte au dessous du seuil de nuisibilité. Elle cible l'insecte durant son activité larvaire avant l'envol des adultes. Il est donc important de repérer les arbres porteurs de larves, les extraire du milieu forestier et les incinérer. L'évacuation hors forêt des bois exploités doit être faite dans des délais courts (1 à 2 semaines). Cette opération s'effectue généralement pendant l'hiver en période de reproduction et de développement larvaire de l'insecte. Elle s'étale du mois de novembre à la fin mars (5 mois environ d'activité larvaire). Ces arbres sont repérables par un écoulement de résine sur le tronc, un houppier présentant un déficit foliaire léger à moyen et des pousses jaunies (SAUVARD *et al.* , 1987) .

##### **➤ Technique de lutte par arbres-pièges :**

Après avoir procédé aux coupes d'assainissement, et afin de maintenir le niveau de population de *T. destruens* à des niveaux assez bas, il est recommandé de pratiquer la technique des arbres-pièges. Cette technique quand elle est utilisée sous forme d'arbre tronçonné et mis en tas n'est pas efficace pour le cas de *T. destruens*. Elle a été essayée par plusieurs chercheurs dans la majorité des pays méditerranéens, y compris l'Algérie mais elle n'a pas abouti aux résultats escomptés. En effet, ce scolyte ne colonise pas le bois abattu. Par contre, si on pratique des annelations (en enlevant l'écorce) tout autour du tronc d'un arbre sain debout, il pourra à ce moment être attractif pour les adultes du

déprédateur et très efficace en matière de lutte. Quand l'arbre en question est suffisamment infesté, il est abattu et brûlé. Selon le degré de l'attaque, un (01) à trois (03) arbres-pièges/hectare sont en mesure de diminuer de manière importante les populations du déprédateur (TALBI ,2016).

➤ **Application d'un traitement insecticide** ; c'est une solution permettant de détruire les populations, mais elle est encadrée par de nombreuses restrictions législatives (usage abandonné en France en forêt publique depuis le 14 octobre 2019).

➤ **Utilisation de la télédétection (Photos satellites a haute résolution spatiale)**

Le dessèchement des arbres peut être observé par télédétection (photographie aérienne, imagerie satellite...) mais il est alors trop tard pour intervenir car l'envol de la nouvelle génération de scolytes a déjà eu lieu(Samuel Sénécal, Kévin Brice, François Saubn, Manon Duvauchelle, Anouk Morin, Geoffroy Rombaut, Grégoire Bouan, Antoine Couette (MARIEKE *et al.* ,2021).

# *Chapitre 2 : Matériel et méthodes*

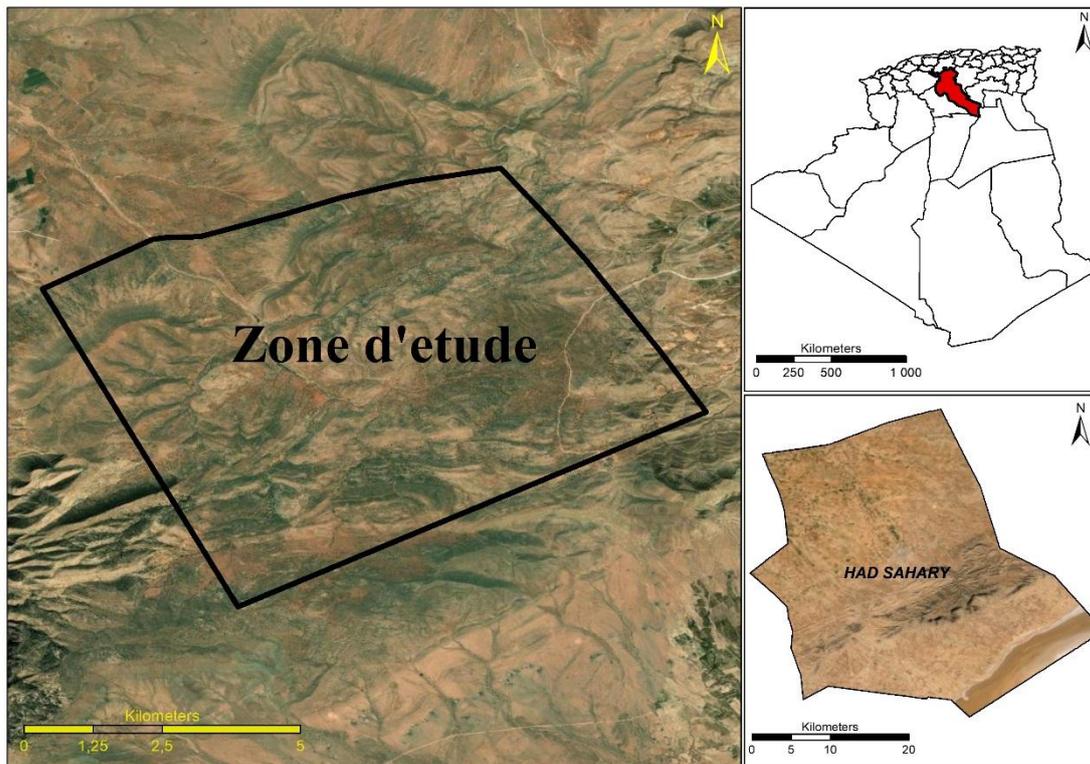
## Chapitre 2 : Matériels et Méthodes.

### I/ Caractéristiques de la zone d'étude

#### 1. Présentation de la zone d'étude

##### 1.1.Situation géographique

La zone de Khengue El Arreare est située au nord-est de Had El Sahary d'environ 15 km de l'agglomération du chef-lieu, elle est limitée au nord par djebel elsenagh et Ouede khorge ( $E3^{\circ} 26' N35^{\circ} 22'$ ), à l'est par djebel Cheikh Bakhti ( $E3^{\circ} 30' N35^{\circ} 23'$ ), au sud par Djebel fegnouna et Aine taneflit ( $E3^{\circ} 32'N35^{\circ} 20'$ ), à l'ouest par Djebel Remila ( $E3^{\circ} 28' N35^{\circ} 18'$ ) (Fig.9).



(H.C.D.S, 2022)

Figure 9:Localisation géographique de la zone d'étude .

## 1.2. Cadre climatique

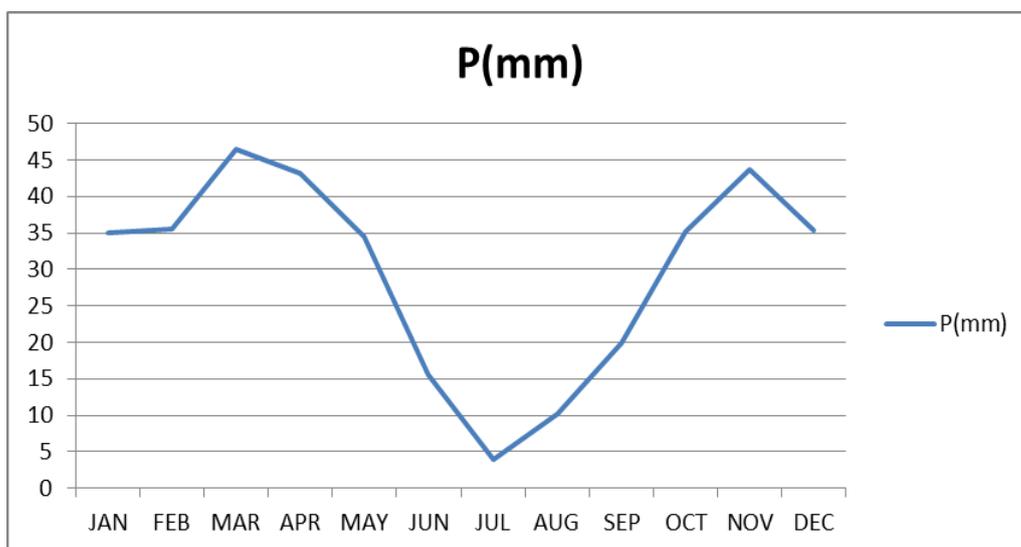
Le climat est un facteur déterminant qui se place en amont de toute étude relative au fonctionnement des écosystème il joue un rôle prépondérant dans la distribution spatiale des espèces animales et végétales(DREUX, 1980).

le climat reste l'élément le plus important dans la caractérisation des écosystèmes forestiers. .

Les principaux facteurs climatiques, régissant l'extension du pin d'Alep, ce sont surtout la répartition de la pluviométrie, la sécheresse estivale et la moyenne des minima des mois les plus froids (m) qui exercent une action prépondérante et significative sur l'évolution des peuplements naturels (KADIK 1986). En effet, les données climatiques exploitées dans cette étude sont issues du site web NASA STACKHOUSE P (2021) pour la période **2010-2021**. (Nous avons comparé les données climatiques pour ONM)

### 1 .2.1. Précipitations

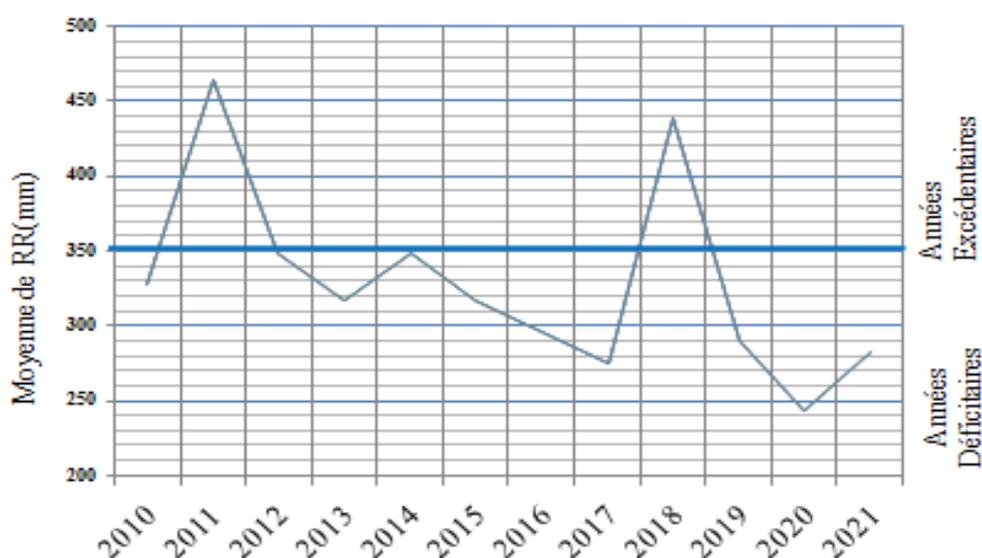
La pluviosité du point de vue quantitatif est exprimée en général par la pluviosité moyenne annuelle et peut être utilisée comme un élément caractéristique du climat (LE HOUEROU (1969), Elle a une influence importante sur l'environnement et sur les écosystèmes forestiers.



**Figure 10: Evolution des moyennes des précipitations mensuelles de la station de Had el shary (2010-2021).**

➤ **Variation Inter Annuelle.**

On peut ajouter les quantités pluviométriques annuelles enregistrées durant la période d'étude, pour déterminer les années sèches et les années pluvieuses, en comparaison avec celle de la zone semi-aride considérée à une quantité pluviométrique annuelle de 350 mm.



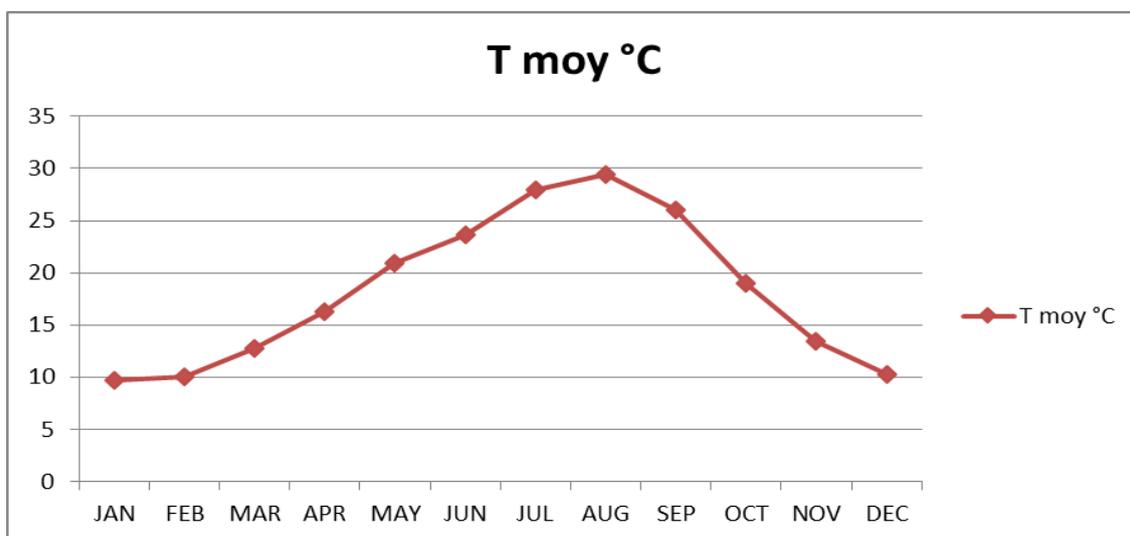
**Figure 11: Variations des quantités pluviométriques Inter annuelles de la région de Had El Shary (2010 et 2021).**

On compte durant la période d'étude 10 années déficitaires et 2 années excédentaires, dont la plus faible quantité est enregistrée au cours de l'année 2020 soit 242.58 mm, et la plus forte quantité est enregistrée au cours de l'année 2011 avec 464.06 mm.

### 1.2.2. Température

La température est également un élément écologique fondamental en tant que facteur climatique vital et déterminant dans la vie des végétales. La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble

des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'être vivants dans la biosphère (RAMADE, 2003).



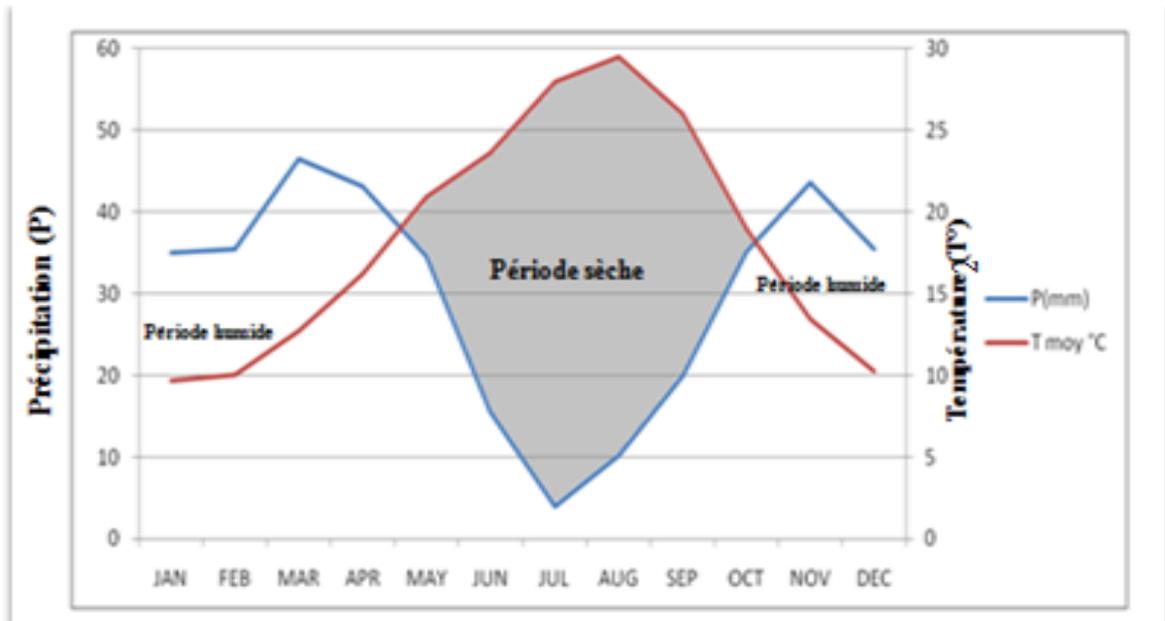
**Figure 12: Variations des moyennes des températures mensuelles dans la région de Had Elshary (2010-2021).**

### 1.2.3. Synthèse climatique

#### 1.2.3.1. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN(1953)

GAUSSEN et BAGNOULS (1953) ont défini comme mois sec, celui où la somme des précipitations moyennes exprimées en (mm) est inférieure au double de la température moyenne de ce mois ( $P \leq 2T$ ). Ce diagramme permet de calculer la durée de la saison sèche, Il tient compte de la pluviosité moyenne mensuelle et la température moyenne mensuelle de la période indiquée.

Dans notre cas l'examen du diagramme ombrothermique (Fig. 13) montre que la station de Had Sahary présente une période de 6 mois dite Sèches, de Mai à Octobre.



**Figure 13:Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (Station de Had El Sahary) pour la période (2010 a 2021).**

### 1.2.3.2. Quotient pluvio-thermique et climagramme d'EMBERGER (1995)

Emberger a proposé un quotient pluvio-thermique plus précis,  $p$ , our calculer ce quotient, facteurs importants sont à prendre en considération : la température et la pluviosité (GHERABI 2013).Ce quotient permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude, en abscisse la moyenne des minima du mois le plus froid. Le quotient d'Emberger est calculé par la formule suivante :

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

- **P**: moyenne des précipitations annuelles (mm) ;
- **M**: moyenne des maxima du mois le plus chaud (°k) ;
- **m**: moyenne des minima du mois le plus froid (°k) ;
- **T (°k)** = T °C + 273,2 .

Pour l'élaboration du climagramme, nous avons utilisé la formule simplifiée de STEWART (1969) qui s'écrit comme suit :

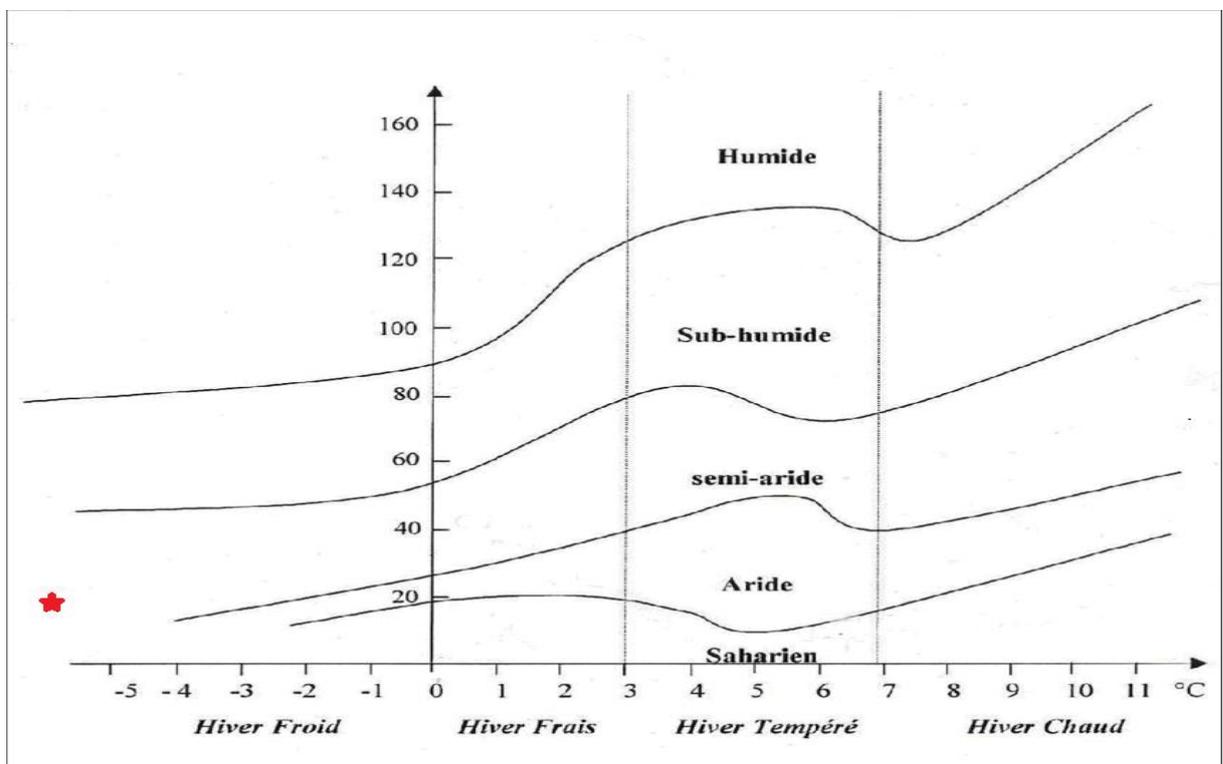
$$Q3 = 3,43 \times P / (M - m)$$

- **Q3** : Quotient pluviométrique d'EMBERGER ;
- **P** : Pluviosité moyenne annuelle exprimée en mm ;
- **M-m** : amplitude thermique ;
- **M** et **m** sont exprimées en degré Celsius,

**Tableau 4:** Valeur du Q2 , Q3 et étages bioclimatiques.

Station	P(mm)	M(°C)	m(°C)	Q2	Q3	Étage bioclimatique
<b>HadSahary (2010 2021)</b>	358.5	43.94	-6.19	24.48	24.52	Semi-aride à hiver froid

En reportant cette valeur de Q2 sur le climagramme d'Emberger (Tab .4), la station de Had Sahary est classée dans l'étage ; semi-aride à hiver froid.



★ Zoné d'étude

**Figure 14:** Climagramme d'EMBERGER de la station de Had Sahary.

## **2. Matériels utilisés**

Plusieurs sorties ont été préconisées dans le but de déterminer les foyers réellement dépéris et déterminer les zones les plus touchées par le dépérissement. Les sujets prospectés sont localisés par le GPS (*Système mondial de positionnement*), on a procédé à la récolte des quelques espèces trouvées entre l'écorce et l'aubier et sur sujet sur pied, pour ce faire, nous avons utilisé le matériel suivant :

- Ethanol 96% ;
- Gants jetables ;
- Pincettes entomologiques ;
- Tubes ;
- Appareil GPS;
- Marteau.

## **3. Type d'échantillonnage**

Dans notre étude un échantillonnage subjectif qui consiste à inventorier les sujets qui sont remarquablement menacés par des dépérissements, ils sont bien observés selon les critères de dégradation; Ecorce infectée par les galeries des scolytes(Fig.15); Chute d'écorce et tronc infecté(Fig.16).



**Figure 15: Ecorce totalement des séchés (Originale)**

Chute de l'écorce retour à beaucoup chambre d'accouplement pour les scolytes entre l'écorce et bois de pin.



**Figure 16: Chute de l'écorce (Originale)**

la cause de dépérissement et sujets brûlés revenir à une propagation rapide de c'est ravageur.



**Figure 17:Un foyer dépéris et des sujets brûlés complètement(Originale).**

#### **4 .Recueil des insectes récoltés des sujets dépéris :**

L'observation analytique des écorces écartées des sujets infectés par l'attaque des scolytes, montre un schéma représentatif et spécifique pour chaque espèce, ce schéma traduit le passage des scolyte entre l'écorce et l'aubier et présentent des galeries de scolytes, se nourrissent et par la suite détruire le liber. . de ce fait, les insectes et les larves collectés ont été emportés dans des tubes stérilisés au laboratoire pour les identifier (Fig.17).



**Figure 18:A : Des espèces des scolytes sur l'écorce. B : Galeries creusées par les scolytes.**

### **5. Identification des espèces de scolytes récoltées**

Les espèces récoltées à partir des écorces des sujets choisis sont examinées sous une loupe binoculaire, le matériel utilisé est déterminé sur le (Tab .5). Les formes des galeries de reproduction ont été prises en considération dans l'identification des genres appartenant à la famille des *Scolytidae*. Parmi les clefs utilisées, les ouvrages de BALACHOWSKY (1949), CHARARAS (1962), JOLY (1975) et PFEFFER (1995).

**Tableau 5:**Présentation du matériel utilisé au laboratoire.

<b>Matériels utilisés</b>	
1) Boite de pétri	4) Une règle
2) Tubes à essais	5) Pinceau
3) Alcool	6) Pince entomologique



**Figure 19:Présentation du matériel utilisé au laboratoire.**

## **II / Méthode à suivre dans le traitement des images satellites**

### **1. Diagramme de l'étude diachronique suivie**

Les images satellitaires constituent un outil important dans la cartographie de l'occupation du sol, ainsi que dans la planification et la gestion des ressources, elles sont descriptives et apportent une information spatiale et spectrale, beaucoup plus importante par rapport aux autres sources d'information (POUCHIN 2001).Elles permettent la caractérisation des objets dans une large bande spectrale, l'interprétation visuelle ou automatique permet d'identifier des objets et d'extraire de l'information.

Pour étudier l'évolution de l'occupation du sol dans les massifs forestiers de la région de Had Sahary durant la période allant de 2017 à 2021, et dans le but d'extraire les zones réellement les quelle sensibles et dégradées, nous procédons a suivre une approche illustrée sur la diagrammes. Ce procédé passe par plusieurs étapes de traitements d'images, dont la méthodologie adoptée s'appuie sur deux méthodes de classifications (supervisée et non supervisée), et ceci après diverses étapes de traitements des images satellitaires (correction radiométrique et atmosphériques) au niveaux de la cellule de la télédétection spatiale du haut commissariat au développement de la steppe (H.C.D.S Djelfa).

L'évaluation des résultats s'effectue par le calcul des superficies et de l'indice de végétation (NDVI). La méthodologie proposée est largement utilisée par divers auteurs dans le cadre de la réalisation des études spatiotemporelles ; BONN et ROCHON (1992), RICHARDS (1993), la même méthodologie a été appliquée par DUVEILLER *et al.* (2007) ; BARIMA (2009) ; VANCUTSEM *et al.* (2009), BENCHERIF (2010) ; BAKR *et al.* (2010); BOUIAJIRA *et al.* (2011) ; RAKOTONAINA *et al.* (2013) ; DEROUECHE (2015), ont utilisé les méthodes de classification pour le suivi du changement d'occupation du sol dans différentes zones.

## 2. Approche méthodologique

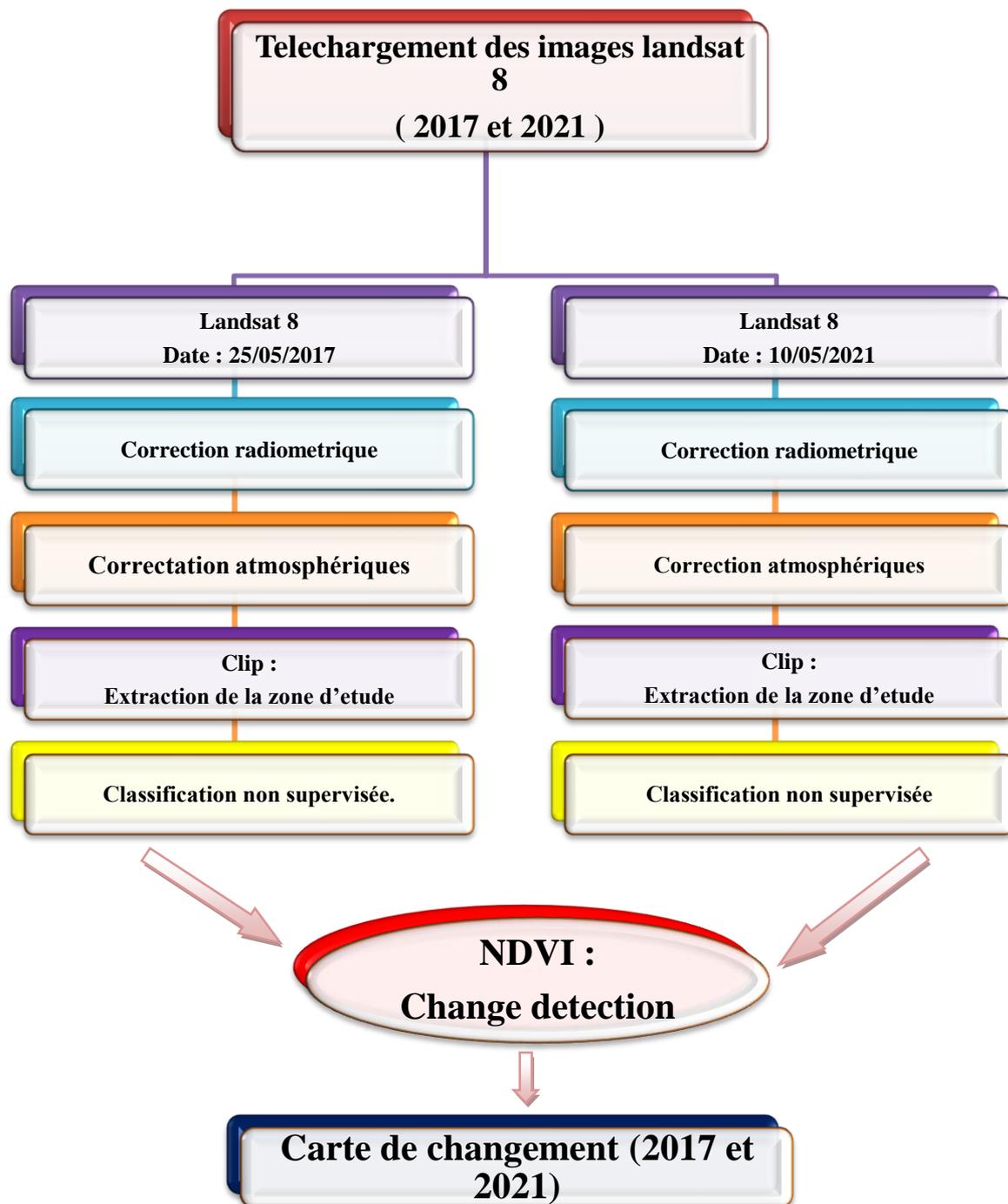


Figure 20: Organigramme de traitements des image

## **2.1. Téléchargement de images satellites ( LANDSAT.8).**

Dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé des images satellites qui répondent à nos questions et objectifs, (résolution spatiale, spectrale, capteur utilisé,...), mais ce choix dépendra de la disponibilité de ces dernières. Le site Earth Explorer de l'USGS « United States Geological Survey » fournit des images téléchargeables gratuitement du programme Landsat, qui offre toute une gamme de capteurs depuis près de 45 ans, contrairement aux images Spot, Ikonos ou Quickbird qui, malgré leurs excellentes résolutions, restent encore aujourd'hui très chères pour des recherches qui ne disposent pas forcément de grands moyens financiers (DERDJINI, 2017).

## **2.2. Sélection des dates des images**

Le choix de la date des images, lors d'une étude diachronique de la végétation ligneuse, est crucial. Le contraste entre végétation annuelle et végétation pérenne et sempervirente, durant la saison sèche, est plus fort et donc plus facilement détectable (TIR.,2016). Pour cette raison notre choix s'est limité à la période sèche qui va du mois de juin à septembre. Un autre critère qui entre en jeu lors de la sélection, c'est les dates où la couverture nuageuse doit être nulle.

## **2.3. Correction radiométrique.**

Ce modèle de correction diminue les perturbations dues à l'atmosphère et aux capteurs.

Dans le cas d'étude multi-temporelle, il est souvent souhaitable de corriger la radiométrie en fonction de la date (éclairagements solaires différents) afin de pouvoir comparer les deux images. Dans la filière de la production des données, ces traitements sont réalisés de manière générale en amont de l'utilisation finale (DESHAYES et MAUREL, 1990)

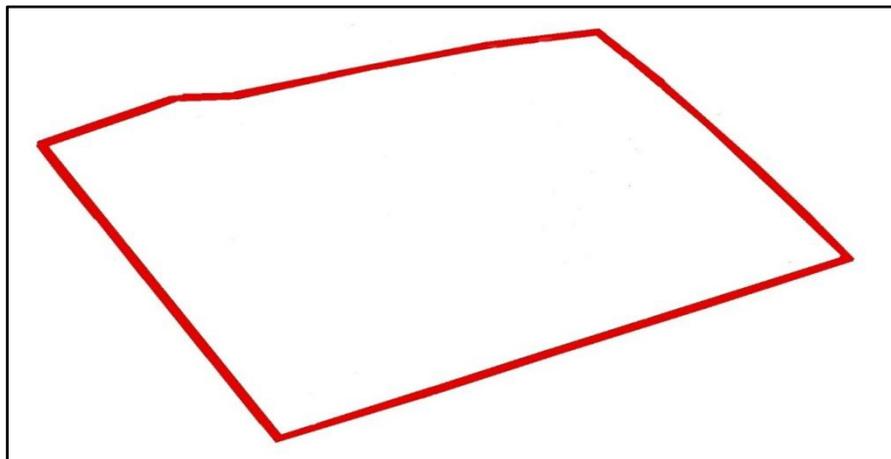
## **2.4. Correction atmosphériques**

Les corrections atmosphériques agissent principalement comme un facteur additif puisque les courbes spectrales évoluent de manière sensiblement parallèle (CALOZ et COLLET,2001). L'objectif de ces corrections est de corriger les effets atmosphériques pour en extraire la véritable information qui nous intéresse (La

réflectance de la surface terrestre) (BONN *et al.*, 1996). Le module de la correction atmosphérique Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes (FLAASH) proposé par MATTHEW *et al.*( 2000) est le plus utilisé dans ce type de correction.

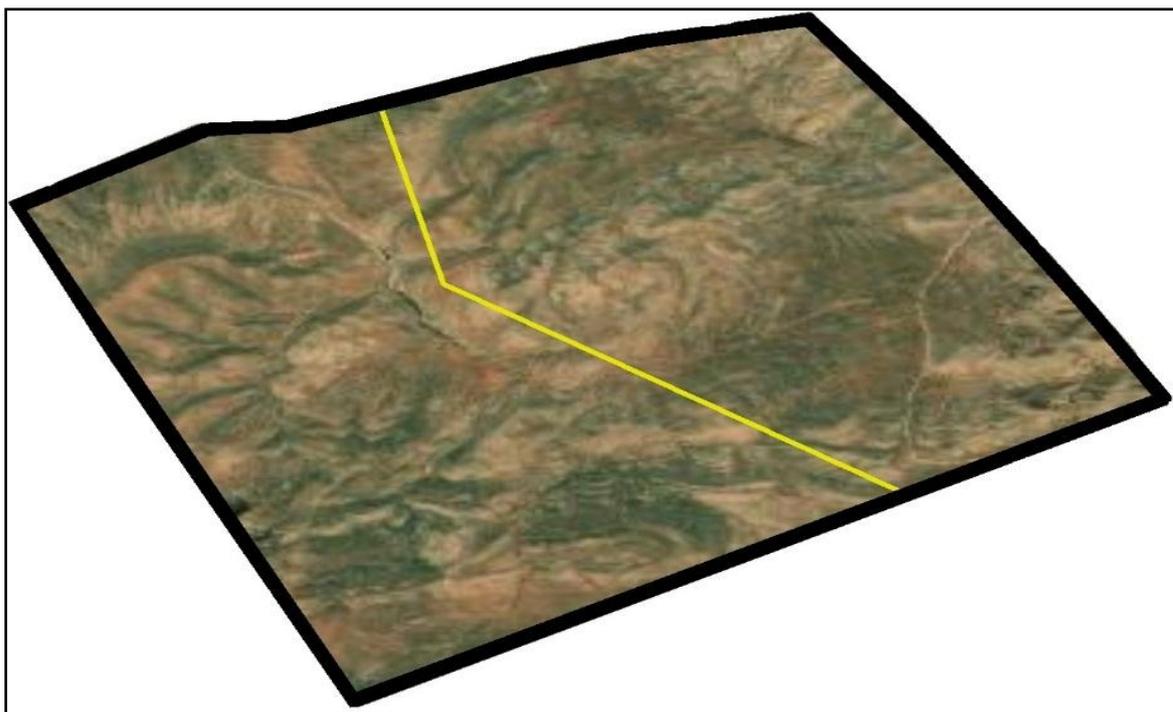
## 2.5. Extraction de la zone d'étude.

A l'aide du logiciel (MAPINFO11.5) et dont le but de délimiter la zone d'étude, en procède à extraire la partie intéressante de la scène 2021. Une nouvelle couche de dessin qui présente la délimitation de la zone forestière de la région de had Sahary est introduite et enregistrer. La méthode se base sur l'utilisation du curseur qui va délimiter et découper la zone en question, cette zone est représentée en un polygone fermé (Fig. 21).



**Figure 21:Présentation de la zone d'étude découpée.**

Cette délimitation de la zone d'étude sera traduite par une nouvelle présentation des images satellites découpées en fonction de l'objectif recherché. L'exemple de l'image de l'année 2021découpée est représenté sur la (Fig. 21).



**Figure 22:Présentation de la partie découpée de l'image satellite globale (2021).**

## **2.6.Matériels utilisés**

### **2.6.1.Logiciels utilisés**

#### **2.6.1.1.ENVI**

L'ENVI (Environnement For Visualing Images) est un logiciel qui fournit des outils pour la visualisation, le géo référencement, les prétraitements, la classification et l'analyse des images satellitaires. L'ENVI (5.1) a été utilisé lors de cette étude.

#### **2.6.1.2. ArcGIS**

ArcGIS est un système d'information géographique Il permet de visualiser, d'interroger, d'analyser et de mettre en page les données géographiques. Il fournit des outils interactifs pour explorer, sélectionner, afficher, éditer, analyser, symboliser et classifier les données ou pour créer automatiquement, mettre à jour ou gérer les cartes et métadonnées OUAMARA (2013).L'Arc GIS utilisée pour cette étude avec une version (10.1)

## 2.7. Méthodes de Classification des images satellitaires

De nombreuses méthodes ont été développées pour la détection des changements de l'occupation du sol. Les méthodes évoluent rapidement et de nouvelles méthodes sont développées pour répondre au besoin réel des changements de la surface de la planète.

Plusieurs auteurs ont publiés des évaluations des méthodes de détection de changements SINGH (1989); LUNETTA et ELVIDGE (1998) ; MAS (2000) ; JENSEN (2004) et Lu *et al.* (2004). L'approche utilisant la post classification est cependant la plus courante dont la plus récente contribution celle de Lu *et al.* (2004) divisent les méthodes de détection de changements en cinq catégories : Algébrique, de transformation, classification, approche SIG, d'analyse visuelle et autres techniques.

Dans notre cas on procède à deux méthodes d'analyses, une analyse visuelle et une classification pour évaluer les résultats. Ces méthodes réduisent les impacts de l'environnement et elles fournissent des informations concernant la nature des changements. Elles produisent une bonne détection de maximum probabilité. La classification nécessite une connaissance de terrain, l'identification de seuils, une grande exactitude de la classification et un nombre et une qualité d'échantillons d'entraînement suffisants (LU *et al.* 2004).

La méthode d'interprétation visuelle permet d'incorporer la connaissance de l'analyste, elle permet d'analyser deux ou trois images en même temps. Elle demande plus de temps et dépend essentiellement des connaissances et de savoir-faire de l'analyste, c'est un procédé qui ne donne pas d'informations détaillées sur les changements (Fiston *et al.* ,2010). Cependant, la classification permet la confection des cartes thématiques par un classement des données satellitaires.

Notre méthode de classification permet de grouper les unités primaires qui les composent (pixels) en un nombre donné thématiquement connu ou spectrale ment homogène, elle consiste à découper l'ensemble des pixels en cubes, en sphères ou en ellipsoïdes, l'ensemble des éléments regroupant le même symbole ayant la même couleur dans l'image appartenant à la même classe.

Cette technique consiste à réaliser un découpage optimal pour avoir un nombre maximal de classes de l'occupation de sols. L'association des pixels appartient à la même classe s'effectue automatiquement par le logiciel, elle consiste en plus à comparer les distances du point considéré au centre des deux cubes ou sphères.

Les méthodes appliquées pour la classification: La méthode supervisée et non supervisée.

### **2.7.1. Classification non supervisée (ISO -DATA)**

Cette dernière met en évidence les points qui peuvent être utilisés lorsque l'on ne dispose pas d'information sur la zone d'étude. Une classification automatisée a été aussi développée pour se focaliser sur l'analyse de la détection de changement (ZHAN *et al.*, 2002). Le traitement regroupe alors les pixels radiométriques semblables en un nombre de classes fixé au départ. Ce qui procède ensuite à donner un nom à chacune des classes obtenues. Le procédé en question n'est toujours pas facile, c'est pourquoi que la méthode la plus appliquée est le mode supervisé, dont l'image se dispose au départ d'échantillons des différentes classes que l'on cherche à obtenir.

Cette méthode regroupe automatiquement les pixels dont les radiométries sont proches les unes des autres, selon des critères ne faisant pas appel à une référence. Le nombre de classes retenues a été fixé dans l'intervalle de 5 à 10, chaque classe ayant pour amplitude minimale 5 et pour écart-type maximal 1. Le seuil ou le critère d'arrêt est de 5%, ce qui signifie que la classification par la méthode ISO-DATA est terminée lorsqu'un nombre de pixels  $\leq 5\%$  change de classe entre les itérations (n-1 et n), ce qui traduit qu'un nombre d'itérations supérieurs n'apporte qu'une légère amélioration de la classification finale. Plus ce seuil est réduit plus la classification est précise (nombre d'itérations est de 10) (SOUDANI, 2006).

Une fois la classification est affichée on va affecter des noms aux classes pertinentes et attribué ensuite une couleur choisie pour représenter chaque classe. Pour le cas des forêts denses les échantillons choisis appartenant à cette classe sont dotées d'une coloration verte ou noire nommée «forêts denses». Pour le cas d'un affichage doublé des classes on procède à une combinaison des classes semblables par post

classification, une nouvelle classification s'affiche avec une légende représentative de l'ensemble des classes affectées.

La classification non supervisée par la méthode ISO-DATA, nécessite un traitement statistique pour chaque image classifiée, la procédure s'effectue en cliquant sur l'icône (post classification) puis (class statistics) pour calculer les statistiques des classes .

### **2.7.2. Classification supervisée (Maximum de Vraisemblance)**

Le processus de classification d'image implique la conversion des images raster multi-bande dans une trame unique de la bande, avec un certain nombre de catégories nominales qui se rapportent à différents types d'occupation du sol et qui se traduisent par un nombre de classes selon la connaissance du terrain.

Cette classification supervisée prend en compte la bonne connaissance du terrain et consiste à identifier visuellement un certain nombre d'éléments, ou objets naturels ou artificiels qui peuvent-être ponctuels linéaires ou surfaciques sur l'image.

Pour distinguer le changement temporel dans les pinéds de Djelfa, revoir des cartes thématiques de l'occupation du sol, ces documents satellitaires sont utilisés ensuite dans les analyses diachroniques, pour détecter le changement et la détermination des surfaces forestières occupées par ces zones.

Cette méthode permet de classer les images à l'aide de leurs signatures spectrales (valeurs de réflectance), obtenues à partir d'un échantillonnage de formation symbolisée par des polygones, qui représentent les zones sélectionnées distinctes des différents types d'occupation du sol pour être classés selon la connaissance réelle de terrain.

Le logiciel introduit les classes spectrales de l'image multi-bandes sans l'intervention d'analyse. Une fois que les groupes sont repérés, l'identification des classes sera établie par le logiciel.

La technique opérationnelle de cette classification supervisée se déroule en deux étapes:

La première étape consiste à sélectionner des zones de l'image dont on connaît la vraie occupation du sol. Ces zones sont appelées régions d'intérêt (Régions of intérêts) sous ENVI.

La seconde est d'utiliser ensuite ces zones comme références à la généralisation sur l'ensemble de l'image.

La méthode adoptée pour cette classification supervisée est nommée en plus (Likelihood). Elle est appliquée sur les deux images satellitaires calés (2017, 2021), L'algorithme de maximum de vraisemblance est l'un des plus largement utilisés dans la classification de l'imagerie satellitaire (VOROVENCII, 2005).

### **2.7.3. Evaluation statistique de la classification**

L'estimation de la qualité de la classification a été faite par le biais d'une matrice de confusion GODARD(2005). Le coefficient de Kappa (K) donne une estimation plus précise et tient compte des pixels bien classés de la qualité de la classification CONGALTON(1991). La fiabilité de notre classification est basée sur les résultats statistiques de la classification. Le principe de cette méthode consiste à prélever aléatoirement des points puis les comparer avec des points de référence. Le résultat est donné sous forme d'une matrice dite matrice de confusion qui contient les deux indices qui seront utilisés pour la validation finale:

- **La précision globale** : Elle est égale au nombre total de pixels correctement classifiés (diagonale de la matrice de confusion) divisé par le nombre total de pixels de vérification (SINGH, 1986).
- **L'indice de Kappa** : indique comment les données à classer s'accordent aux données de référence. Il constitue une mesure fiable dans l'évaluation des classifications thématiques car il examine tous les éléments dans la matrice de confusion et prend en compte à la fois des erreurs d'omissions et de commissions (ROSENFEL et FITZPATRICK-LINS, 1986).

#### 2.7.4. Détermination des surfaces forestières

Sur la base des images satellites classifiées, les surfaces forestières sont calculées automatiquement après que les traitements statistiques et la validation des résultats sont préconisés sur l'ensemble des images classifiées.

Une autre méthode d'évaluation des surfaces forestières est réalisée sur les documents satellitaires traités et calés, ce procédé est utilisé pour ressortir les surfaces forestières unitaires.

#### 2.8. Détermination des foyers dépéris

Dans le but de déterminer les foyers les plus dépéris et de tirer les informations relatives à la stratégie d'extension de dépérissement des pinèdes de la région de Had-Sahary, plusieurs visite et prospections ont été effectuées dans toutes les séries de la forêt de Had Sahary , qui est l'exemple le plus représentatif des forêts touchées par la dégradation dans les massifs forestiers d'Ouled Nails. Pour chaque foyer dépéris des relevés des coordonnées géographiques ont été notées et mémorisés sur place à l'aide du GPS. Ces relevés sont introduits sur l'image satellite la plus récente celle de l'année (2021) et sur l'image de l'année (2017) pour assurer et faciliter la comparaison. Sur le (Tab.6)on note le nombre des foyers dépéris examinés dans la région d'étude.

**Tableau 6:** Nombres des foyers dépéris dans les régions d'étude.

<b>Les stations</b>	<b>Forêt naturelle(Sahary Dhahri)</b>	<b>Forêt naturelle(Sahary Gueubli)</b>	<b>Reboisement (Sahary Dhahri)</b>
<b>Nombre de foyers</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>07</b>

Le nombre total des foyers déperis est de 40, repartis comme suit; 17 en forêt naturelle (Sahary Dhahri) , 16 en forêt naturelle (Sahary Gueubli) et 07 en Reboisement (Sahary Dhahri).

## **2.9. Méthode de calcul des indices**

Sur la base des travaux communs effectués par DESHAYES et MAUREL (1990), le calcul des indices est classé comme une méthode de compression des données qui sont issus de l'analyse physique des phénomènes. Les images résultantes ont une signification concrète dont l'examen des réponses obtenues dans les canaux du rouge et du proche infrarouge ont conduit à la définition de l'indice de végétation pour évaluer le taux de recouvrement.

### **2.9.1. Indice de végétation (NDVI)**

Dans la classification des néo-canaux il est intéressant d'inclure l'indice de végétation NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) (CALOZ et COLLET ., 2001) pour réduire les confusions qui pourraient exister entre les différentes classes. DESHAYES et MAUREL (2009) montrent que l'indice de végétation est lié à l'activité du couvert végétal, les pigments foliaires absorbent fortement le rayonnement dans le rouge (R) alors que le parenchyme lacuneux réfléchit une grande partie du rayonnement proche infrarouge (PIR). Les données radiométriques peuvent être utilisées sous forme d'indices combinant les canaux rouges et proche infrarouge. Ainsi en phase de développement d'un couvert forestier, la biomasse et les quantités de pigments augmentent, ce qui entraîne une hausse dans le proche infrarouge et une baisse dans le rouge l'inverse se produit en fin de cycle végétatif. Plusieurs indices sont préconisés et l'NDVI est le plus connu:

**NDVI = (PIR - R) / (PIR + R) dont les valeurs varient entre ( - 1 et + 1).**

**NDVI : Normalized DifférenceVégétation Index.**

L'indice NDVI réduit les effets d'éclaircissement ou de pente sur la réflectance des couverts végétaux (Bonn (1996) ; Lau( 1997 )) et permet de mieux séparer la végétation (forêts, cultures) des sols nus et des surfaces urbanisées (HOANG *et al.*, ( 2008). L'étude menée sur les forêts de la région de Djelfa en appliquant l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) met en évidence l'ampleur des changements du couvert végétal entre 2017 et 2021. L'estimation du taux de recouvrement sur la base de l'analyse par l'NDVI nécessite une combinaison des deux bandes 3 et 4 pour obtenir une nouvelle image. Le néo-canal résultant présente un gradient croissant d'activité végétale allant du noir se qui traduit une absence de couverture au blanc où l'activité chlorophyllienne est très élevée (BOUIADJRA, 2011).

*Chapitre 3 :*  
*Résultats et Discussion*

## Chapitre 3: Résultats et Discussions

### I. Présentation des images satellites classifiées

#### 1. Classification non supervisé par ISO-DATA

Le choix du nombre des classes pour une cartographie de l'occupation du sol à partir de l'examen de l'image permet de regrouper les classes contenant ; les forêts denses, de forêt claires, foyer déperis, du sable et des sols nus.

##### 1.1. Image 2017 et statistiques des classes.

Pour ce mode de classification non supervisé, l'image satellite de 2017 présente un nombre de classes qui peut être confondue, les classes rencontrées plusieurs fois vont subir une combinaison par post classification, donc ces classes semblables seront combinées.

La classification par ISO-DATA doit être prouvée par des traitements statistiques des Classes, une table de traitement est présentée sur la figure suivante.

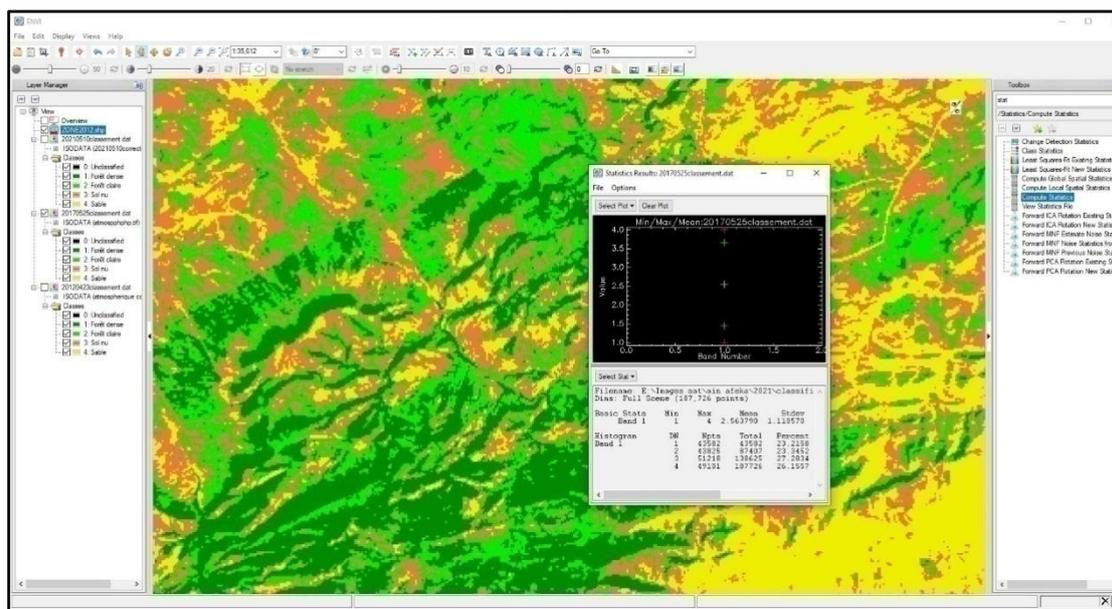
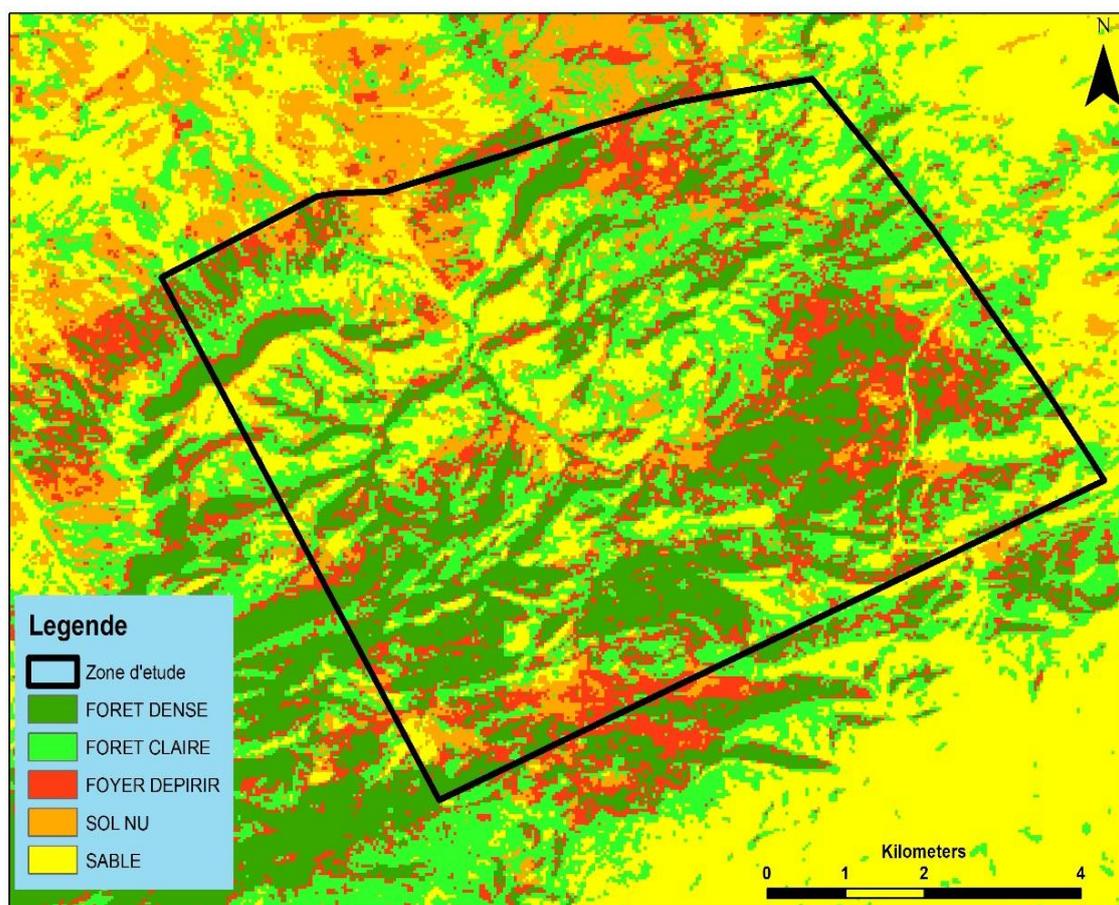


Figure 23: Statistique des Image satellite classifie par ISO-DATA

Cette image traitée et classifiée est présentée avec légende sur la (Fig. 23).



**Figure 24:**Présentation globale de l'image satellite classifiée par ISO-DATA (2017).

L' image classifiée de l'année 2017, présente 5 classes ; forêt dense avec une surface estimée a 2348.64 ha, la Deuxième est celle des forêts claires avec une surface de 3833.55 ha , la troisième classe compris les foyers déperis, elle présente 1803.06 ha ,la quatrième classe représente les sols nus, cette classe présente une surface de 1837.35 ha, la dernière classe est celle qui presente le sable, elle est estimée a 6895.98 ha.

**Tableau 7:**présentation des valeurs (pixle, surface en (m2,ha,%)) de différentes classes traitées de l’image satellite (2017).

CLASSE	Count pixel	Surface (m <sup>2</sup> )	Surface en (ha)	%
Foret Dense	26096	23486400	2348.64	14.04%
Foret Claire	60346	54311400	5431.14	31.76%
Foyers Dépérís	20034	18030600	1803.06	10.78%
Sols nus	20415	18373500	1837.35	10.99%
Sable	76622	68959800	6895.98	41.24%
TOTAL	185762	167185800	16718.58	100%

Les classes distinguées selon la classification non supervisée par ISO-DATA, nécessitent une analyse statistique des classes attributaires, dont l’intérêt d’avoir les surfaces forestières des classes introduites. Le traitement résume d’un diagramme représentatif des moyennes des classes établies (Fig.24).

Les classes accordées à cette classification présentent des valeurs moyennes variant de 1 à 4 relatives aux classes choisies.

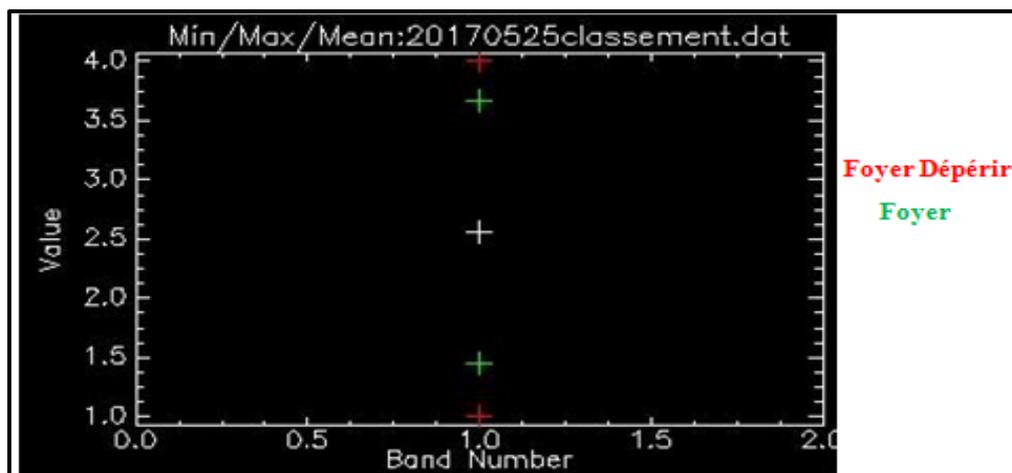


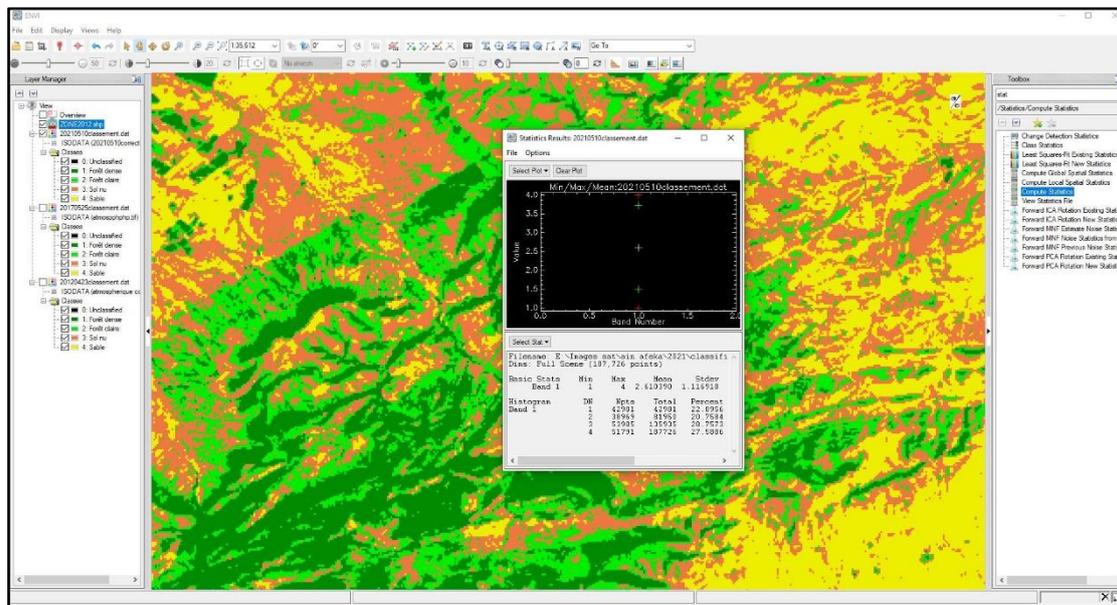
Figure 25:Présentation de la valeur moyenne des classes introduites par ISO-DATA.

Les résultats des surfaces obtenus par cette analyse offrent un répertoire de comparaison pour détecter le changement.

## 1.2. Image 2021 et statistiques des classes.

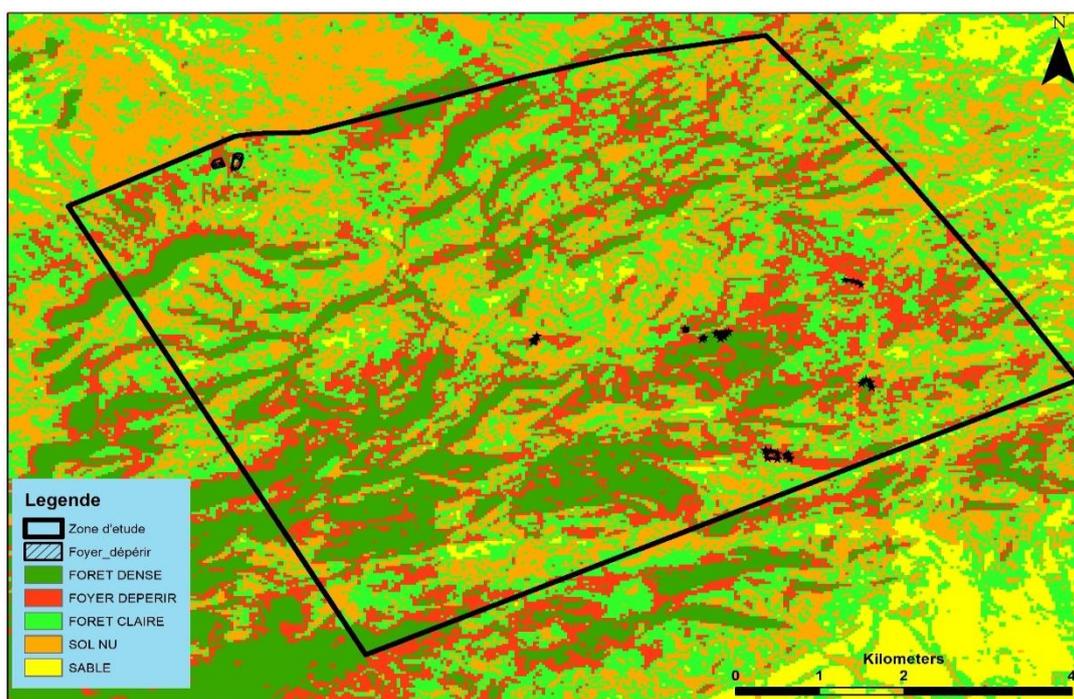
Le même travail est appliqué sur les scènes prises en considération dont on procède à classifiée par ISO-DATA l'image de l'année 2021 (Fig.25). Le nombre de classes pour une cartographie de l'occupation du sol sur cette image est le suivant :

1. Forêt denses (couleur Verte)
2. Forêts claires (vert claire)
3. Foyer déperis (rouge )
- 4.Sable (correspond a la couleur jaune).
- 5.Sols nus (Orange).



**Figure 26:**Statistique des Image satellite classifiee par ISO-DATA.

La présentation globale de l'image satellite classifiée par cette méthode est présentée par la (Fig.26). Les colorations attributaires aux classes sont introduites automatiquement par le logiciel de l'ENVI.



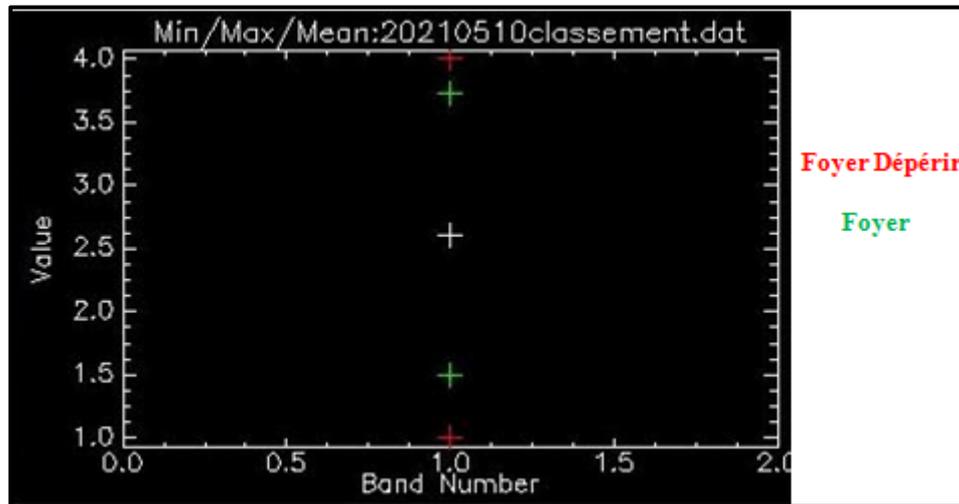
**Figure 27:** Présentation globale de l’image satellite classifie par ISO-DATA (2021).

Les mêmes classes choisies sur l’image précédente seront présentées sur celle de l’année 2021, occupant la région de Had Sahary, elles sont de nombre de cinq, chaque classe correspond à une coloration spécifique. forêts denses caractérisée par une coloration vert, forêts claires par le vert clair, foyers déperis caractérisés par le rouge, pour le sable il se présente par une coloration jaune et les sols nus sont orange (Fig.27).

**Tableau 8:** présentation des valeurs (pixel, surface en (m<sup>2</sup>, ha, %)) de différentes classes traitées de l’image satellite (2021).

classe	Count (pixel)	Surface en(m <sup>2</sup> ).	Surface en(ha).	En %
Foret Dense	26374	23736600	2373.66	13.88%
Foyers déperis	42595	38335500	3833.55	22.94%
foret claire	24858	22372200	2237.22	13.08%
sols nus	48261	43434900	4343.49	25.40%
Sable	30153	27137700	2713.77	15.87%
TOTAL	189992	170992800	17099.28	100.00%

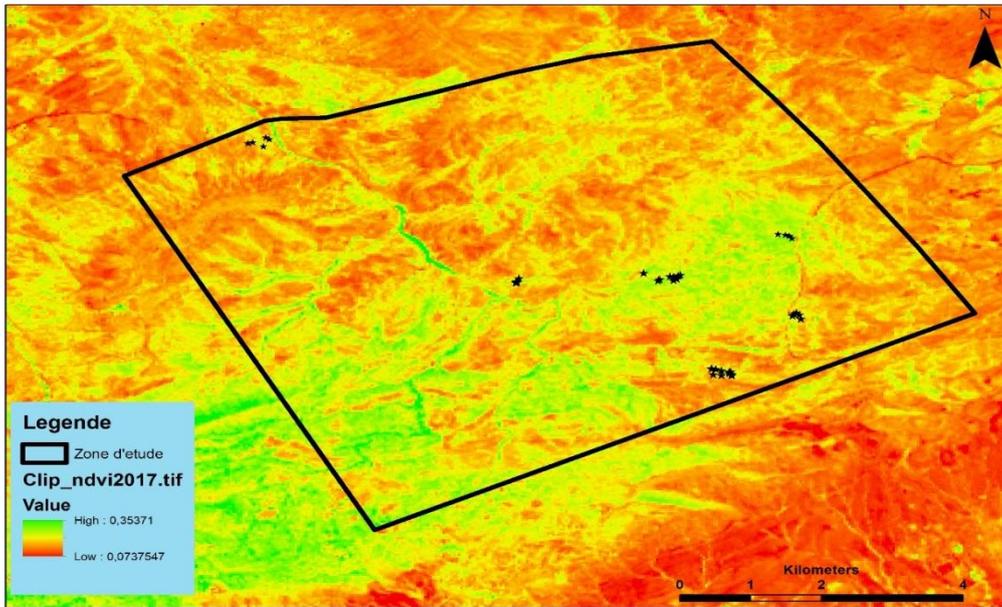
Les moyennes des classes et ablies dans cette classification sont presentes par la (Fig.28).Les moyennes varient de 1 a 4 pour les classes choisies.



**Figure 28:**Présentation de la valeur moyenne des classes introduites par ISO-DATA.

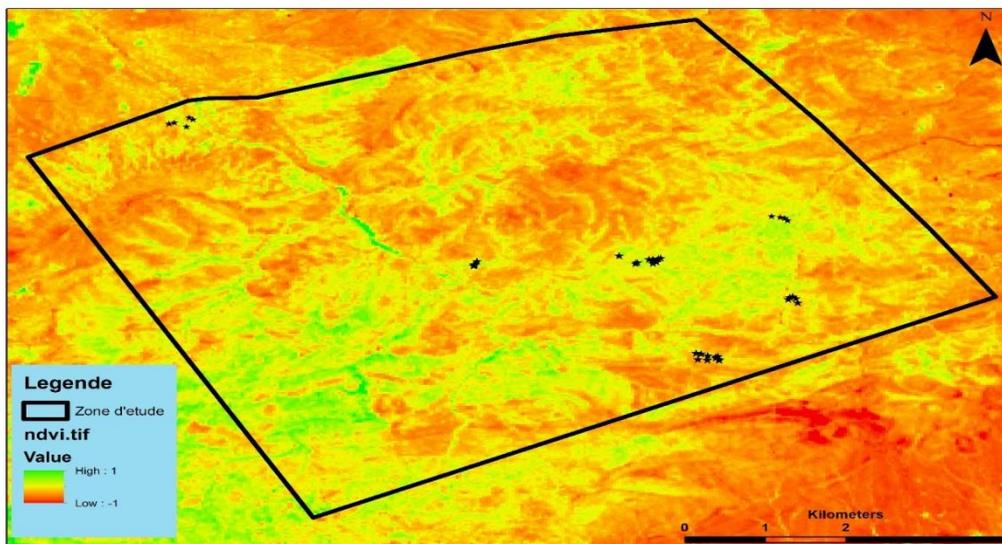
## 2. Indice de Végétation Normalisé entre 2017 et 2021.

L'importance de l'indice de végétation (NDVI) dans notre étude est de sélectionner les meilleures bandes spectrales d'une part, et d'augmenter le contraste sol végétation d'autre part. Les (Fig. 29) et (Fig. 30) présentent les résultats de l'NDVI.



**Figure 29:**Présentation de l'NDVI de l'image satellite de l'année 2017.

Des valeurs de NDVI moyennes pour végétation faible et le valeurs de NDVI Augmente pour une bonne végétation.



**Figure 30:**Présentation de l'NDVI de l'image satellite de l'année 2021.

### 3. Présentation de la Carte de changement des classes (entre 2017-2021).

Pour avoir une carte du changement entre deux périodes différentes, un traitement sera effectué sur les deux images satellites (2017 et 2021), dans le but de détecter les changements réalisés sur l'ensemble des classes préconisées.

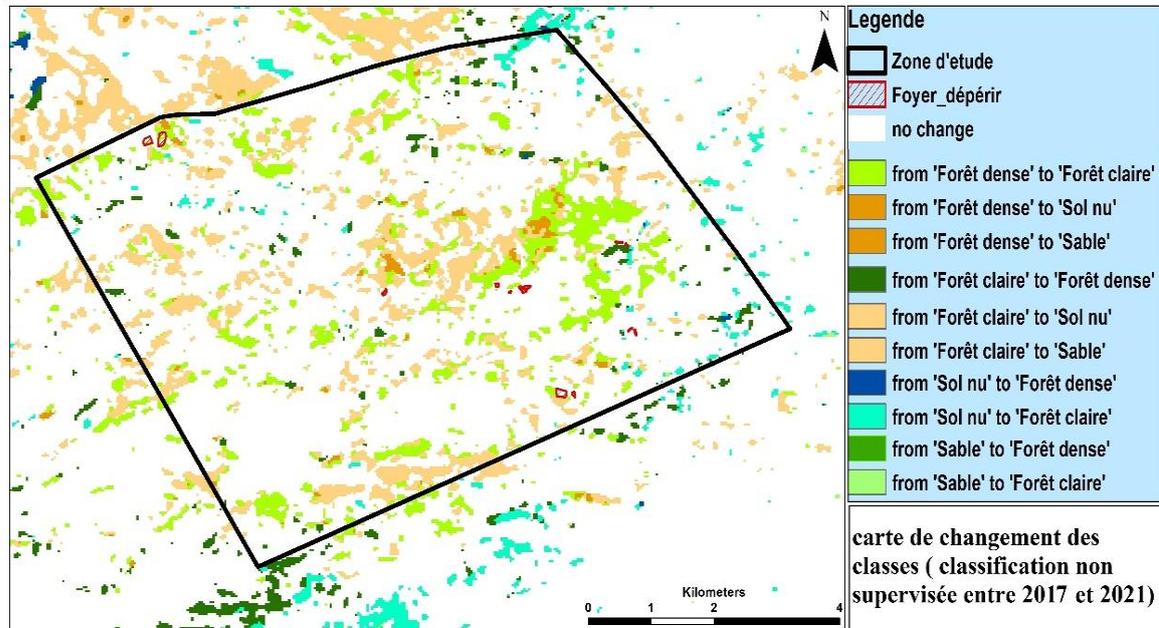


Figure 31: Carte de changement des classe (classification non supervise entre 2017 et 2021).

## II / Présentation des espèces identifiées

### 1. *Tomicus destruens*.

Les espèces appartenant au genre *Tomicus* sont classées parmi les ravageurs primaires dont on sait qu'elles attaquent des sujets en pleine vitalité (CHARARAS. , 1962). De plus ce groupe d'insectes peuvent être secondaires lorsqu'ils sont sous corticale (DAJOZ. ,1980). Les espèces du genre *Tomicus* peuvent se reproduire en masse sur les arbres affaiblis par 5 années de déficit pluviométrique (DSF, 2008). Les températures conditionnent les populations chez le groupe de l'Hylésine qui possède une meilleure survie à 20°C (HORN, 2006).

Les espèces de *Tomicus* sont réparties dans toutes les régions paléarctique asiatiques, et certaines régions de l'Afrique du Nord, elles introduites en Amérique du Nord (JOLY 1975). En Algérie l'espèce *Tomicus destruens* se localise en zone sub humide sur *Pinus pinaster* et sur *Pinus halpensis* en zones semi-arides(Fig.28).C'est une espèce qui possède deux synonymes génériques *Blastophagus* et *Myelophilus* (BALACHOWSKY 1949). L'espèce est souvent confondue avec l'espèce voisine *Tomicus piniperda* qui reste la plus inféodée aux pinèdes en Europe et Amérique du nord, elle se développe dans les régions tempérées et nordiques, tandis que *T. destruens* se localise essentiellement dans des zones plus chaudes et sèches de la région méditerranéenne (GALLEGO *et al.*, 2004). La différence entre ces deux espèces est basée sur la couleur des masses antennaires des adultes, chez *T. pineperda*, la couleur de la masse antennaire est marron par contre chez le *T. destruens* possède une couleur rouge-jaune (PFEFFER, 1995). Très récemment la séparation des deux espèces a été effectuée sur la base de la structure génétique (GALLEGO et GALLIAN 2001) ; KOLMOYR *et al.*(2002). Ce groupe d'insectes provoque des dégâts considérables sur les jeunes plantations au cours de leur phase nutritionnelle.



**Figure 32:A:Larve de *Tomicus destruens* .**

**B:*Tomicus destruens* (adulte).**

Le développement de l'espèce de *Tomicus destruens* se déroule dans des galeries creusées par les adultes et larves, ces galeries sont forées dans l'écorce ou au niveau du liber (Fig. 31 B). Sur les arbres atteints ou dépérissants l'écorce présente de nombreux trous, au niveau desquels s'échappe la sciure (BENJAMAA, 2007). La (Fig .31et 32) illustre l'écoulement de la résine.



**Figure 33: Ecoulement de la résine correspond au trou d'entrée de l'insecte (Original).**



**Figure 34:Galeries maternelles et l'ensemble des tracés larvaires sur tronc et l'aubier (Original).**

## **2. Le genre *Crypturgus***

Le genre *Crypturgus* est représenté par les espèces sympatriques voisines *CrypturgusNumidicus* et *Crypturgus mediteranus* (Fig.35), la deuxième espèce est moins fréquente que la première et se distingue de la précédente par un corselet plus long que large à côtés parallèles au-delà du milieu, puis progressivement rejeté en forme trapézoïdale en avant (BALACHOWSKY, 1949).



**Figure 35: *Crypturgus numidicus* F (A: face dorsale, B: face ventrale).**

### **III/ Enter prétation des r sults**

#### **1. Etude spatiotemporelle du paysage forestier de la région de Had El Shary .**

Cette étude spatiotemporelle de l'occupation du sol est menée sur les forêts de Had El Shary, elle vise à déterminer les modifications de la couverture végétale et forestière à partir d'une analyse diachronique des types d'occupation du sol. Elle se base sur l'exploitation des données-images Landsat (2017 et 2021). La cartographie de ce couvert forestier sur ces deux images satellitaires prises en considération c'est produite en deux phases ; En premier volet, on procède à évaluer les superficies des unités d'occupation du sol après la détermination des différentes classes, en seconde ; on aboutit à la détection des changements par l'élaboration d'une carte du changement, basée sur la classification de ce support satellitaires. L'évaluation de ces espaces forestières permet de discuter l'évaluation de l'occupation du sol de ces classes en relation avec le contexte du changement climatiques et les périodes sèches.

##### **1.1. Evolution régressive des formations forestières de Had El Shary.**

L'observation analytique de deux images prises en considération, portant les coordonnées géographiques des foyers les plus dégradés sur le site de la forêt de Had El Shary, montre que ces points sont des sujets occupant les bordures et le centre de la forêt.

Ces deux images satellitaires révèlent deux cas évolutifs sur l'image de l'année 2017 on observe la dominance des forêts denses, elle couvre une superficie de 2348.64 ha soit (14.04%) de la région d'étude, les forêts claires couvrent une surface de 5431.14 ha soit (31.76%). Les zones dégradées dites foyers dépéris couvrent une superficie estimée à 1803.06 ha soit (10.78%).

En ce qui concerne l'état de l'occupation du sol en 2021, on observe la dominance de la classe de foyers dépéris dont elle couvre une superficie estimée à 3833.55 ha soit (22.94%) de la région d'étude. Les forêts denses elle couvre une superficie de 2373.66 ha soit (13.88%), les forêts claires couvrent une surface de 2237.22 ha soit (13.08%).

L'état de l'occupation du sol en 2021, montre que le versant Nord-Est est fortement dégradé par rapport à celui sur l'image de 2017 dont la surface occupait est de 16.718,58 ha. Pour l'image de 2021, la perte considérée de ce couvert forestier est de 10,07% en comparaison avec celle de 2017. La partie nord-est de la forêt porte un nombre important des foyers dépéris.

Sur l'image de l'année 2021, un contour bien dégradé et plus spacieux autour de ces points prélevés du terrain. La dégradation est orientée vers plusieurs directions de la réserve forestière et touche une bonne partie de la surface forestière. Des zones découvertes sont présentées particulièrement à la partie Nord. L'état sanitaire de chaque sujet ne se manifeste pas réellement sur l'image satellite qui détermine les masses forestières dépéries. En général la dégradation est le résultat de plusieurs facteurs selon les prospections sur terrain.

Ce constat traduit réellement l'état observé sur le terrain est celui confirmé par les images satellitaire, il traduit un dépérissement quasi total sur la majorité du territoire forestier.

## **1.2.Interprétation et analyse de la carte du changement ;**

La carte de changement présente une évaluation des cinq différentes classes considérées (forêt dense, forêt claire, foyer dépéris, sol nu et le sable), l'analyse de cette carte présente une transformation de la forêt dense en forêt claire et dépéris, et les forêts claire en sol nu et du sable, ce résultats peut être discutés à cause de nombreux facteurs édaphique, les changements climatiques qui se traduit par des périodes sèches consécutives, accélère a leur tours la multiplication et la pullulation des scolytes sur les sujets de pins de ce patrimoine forestiers.

## 2. Analyse des images NDVI

Autre étude est réalisée sur la base du calcul et la comparaison de l'indice de végétation normalisé NDVI de ces images satellitaires, pour les deux périodes prise en considération. La valeur calculée de l'NDVI permet de donner un aperçu sur la richesse forestière en chlorophylle, pour l'année 2017 l'information retenue sur le taux de couverture de ces zones (valeur NDVI est entre 0.353 et 0,073) c'est une richesse importante en chlorophylle se qui traduit un paysage forestier sain. Par contre l'NDVI calculé à partir de l'image (2021) varie entre les deux valeurs ; minimal (-1) traduit une végétation chétif et dépéris et une valeur maximale (1) représente une végétation développée.

## 3. Interprétation sur les populations de scolytes

Les prospections sur terrain du patrimoine forestier de Had El Shary, ont déterminées une perturbation de l'état sanitaire général de la région d'étude, puisque le degré de dépérissement qui s'exprime d'une façon directe sur l'état sanitaire du peuplement a augmenté d'une année à l'autre, avec une élévation du taux de défoliation., Les forêts sont sujettes aux agressions massives de scolytes qui risquent de causer des dommages importants aux arbres, et fait disparaître des peuplements en entier au cours du temps. Ces pertes en surfaces causée par l'attaque intensif des scolytes est l'un des premiers effets apparents du changement climatique, l'alternance des périodes de sécheresse a accentué la prolifération des populations de scolytes en zone semi-aride, et s'avèrent un facteur aggravant l'état de santé de notre forêt.

En plus de ces facteurs prédits en notes d'autres facteurs accélèrent à leurs tours le phénomène de dépérissement et aboutit à une dégradation prolongée de ce patrimoine forestier délaissé.

- **Action de l'homme ;** Un arrachage massif est noté dans les forêts à proximité de la ville de Had El Shary, particulièrement dans la zone d'étude qui est exposé à des contraintes de dégradation, (le bois de chauffages et les commerçant du bois).
- **Le surpâturage ;** Les forêts de Had El Shary connaissent un surpâturage intensif des ovins, les éleveurs se rabattent sur les forêts au cours des périodes de sécheresse afin d'assurer leur alimentation. Les troupeaux souvent très conséquents inhibent le

renouvellement naturel des jeunes peuplements par l'arrachage des jeunes pousses par ces troupeaux et le tassement du sol.

- **Travaux Agricoles;** La présence des parcelles agricoles de blé très proches de la forêt, modifie le tapis végétale de la forêt.



**Figure 36: Présentation des travaux Agricoles a l'intérieur de forêt de Had El Shary (Originale).**

- **Travaux d'assainissement**

En plus des arbres endommagés qui doivent être abattus et brûlés en dehors de la forêt par les agents de la gestion forestière, afin d'éviter la propagation de l'infestation par les scolytes.

Les services forestiers ne présente aucune importance aux forêts de Had El Shary, malgré la surface considérable quelle occupe. Le dépérissement a l'intérieur de nos forêt s'accroît dans l'espace et dans le temps et nécessite plus d'attention dans le cadre de la gestion forestière.

# *Conclusion*

## Conclusion

La cartographie de l'occupation du sol entre 2017 et 2021 couvrant le paysage de la région semi-aride de Had Sahary, a révélé une régression remarquable au niveau des forêts denses qui se transforme en forêt claires et celle qui sont claires devenues nues. Notant que les conséquences de l'alternance des périodes sèches et la rareté des précipitations a contribué d'une façon ou d'autre à un dépérissement fortement apparu sur les espaces forestiers. Cette analyse diachronique des espaces forestiers sur une période de quatre années, permet aussi de déterminer les surfaces occupées par ces classes, elle met en évidence une identification des dynamiques spatio-temporelle de cette aire forestière. La détermination des extensions forestières à différentes dates permet d'estimer les surfaces forestières réellement disparues. La détection des changements et la comparaison de l'indice de végétation normalisé (NDVI) généré pour les différentes dates, a permis d'établir des images qui présentent les différents changements dans ce cortège forestier, L'indice NDVI permet de déterminer l'état de la végétation en mesurant leur teneur en chlorophylle des plantes via des capteurs embarqués sur des satellites.

L'évolution radiométrique progressive détermine essentiellement les nouveaux reboisements introduits dans certaines parties. Les changements régressifs de la radiométrie montrent l'importance du dépérissement dans ces milieux naturels. L'évolution constatée est classée comme des zones de changements, les interprétations des causes de ces évolutions sont diverses les plus importantes sont les périodes alternatives de sécheresse.

Le dépérissement des pinèdes de Had El Shary a diverses causes dont l'action des insectes a son importance, l'étude effectuée à partir des prélèvements réalisés sur des arbres dépérissants, montre que les arbres jaunissants ont une croissance plus faible que les arbres sains, notant que tous les sujets de pin sont colonisés par les scolytes mais avec des degrés très variables. La principale espèce capturée de xylophage et l'hylésine destructeur (*Tomicus destruens*).

Les informations retenue par la télédétection et le SIG donnent la résolution précoce de plusieurs problèmes environnementaux, se qui favorise l'accroissement a la demande de données spatiales, et la valorisation des technique moderne. Et Pour bien mesurer l'ampleur de ce phénomène, il faudrait que d'autres études à une plus grande échelle, avec des données précises et exploitables sur la mobilité forestières, soient réalisées.

# *Références Bibliographiques*

## References bibliographies.

1. **ABGRALL J.F. & SOUTRENON A., 1991**-La forêt et ses ennemis. Ed. CEMAGREF.Grenoble Diosa. France, 400p.
2. **AITOUDA H ;2012**-Estimation Des Variables Biophysiques Des Cultures Et ÉtudeDe L'effet Du Changement D'échelle Sur Leur Variabilité Spatiale .Mém Magister en Géologie ,Univ Québec à Chicoutimi ,Canada :92p.
3. **ALLEN C.D., MACALADY A.K., CHENCHOUNI H., BACHELET D., MC DOWELL N., VENNETIER M., KITZBERGER T., RIGLING A., BRESHEARS D.D., HOGG E.H., GONZALEZ P., FENSHAM R., ZHANG Z., CASTRO J., DEMIDOVA N., LIM J.H., ALLARD G., RUNNING S.W., SEMERCI A., COBB N.,2010**-A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. In *Forest Ecology and Management*. 259. p: 660-684.
4. **ANONYME., 2009**-Que faire pour sauver la forêt algérienne, 2p.
5. **BARIMA Y. S. S., 2009**-*Dynamique, fragmentation et diversité vegetal des paysagesforestiers en milieux de transition forêt-savane dans le Département de Tanda Côté d'Ivoire*. Thèse. Doct. Université Libre de Bruxelles.
6. **BAGNOULS F. et GAUSSEN H., 1953**- Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse (88).3-4 .193-239.
7. **BALACHOWSKY, A.S., 1949**-Faune de France, Coléoptères *Scolytidae*, Vol. 50. Ed : Lechevalier, Paris. p 320.
8. **BARET F . et GUYOT G., 1991**- Potentials and limits of vegetation indices for LAI andPAR assessment. *Remote Sensing of Environment*, 35, pp 161-173.
9. **BENCHERIF K., 2010**- Carte des unités physionomiques de la forêt de Senalba CherguiDjelfa- Atlas saharien, Algérie. *Sécheresse* 21 3 pp179-186.
10. **BENDERRADJI M., ALATOU D ., ARFA Azzedine M et BENACHOUR K .,2006**- Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation Impact du phénomène en Algérie :*laboratoire de développement et Valorisation des ressources phytogénétique.*,4 :230-280.
11. **BEN JAMÂA M.L., 2007**-*Relation Scolitynae-champignons- pi d'Alep PinusHalpensis Mill. dans quelques régions forestières de la Tunisie*. Thèse. Doct. en
12. **BENTOUATI A ;2008**- La situation du cèdre de l'Atlas en Algérie. *Forêt Méditerranéenne*,2 :203-208.

13. **BONN F & ROCHON G., 1992**-Précis de Télédétection : Principe et méthodes. PressUniversitaire du Quebec/ AUPELF. Volume, 485p.
14. **BONN F. 1996**- Précis de télédétection. volume 2 : applications thématiques : presses de l'université du Québec/AUPELF, 633p.
15. **BOUIADJRA SED.B ., EL ZEREY W & BENABDELLI K., 2011**- « Etude diachronique des changements du couvert végétal dans un écosystème montagneux par télédétection spatiale : cas des monts du Tessala. Algérie occidentale, *Physio-Géo*, Volume, 5-2011.
16. **CAILLERET M., NOURTIER M., AMM A., DURAND-GILLMANN M., et DAVI H., 2013**- Drought-induced decline and mortality of silver fir differ among three sites in Southern France. In *Annals of Forest Science*. 1-15.
17. **CALOZ, R., 1994**-Télédétection satellitaire. Cours polycopiés, Lausanne, EPFL. 131 p.
18. **CALOZ R & COLLET C., 2001**-*Précis de Télédétection, III - Traitement numériques d'image de télédétection*. Presses de l'Université du Québec/AUPELF, Sainte-Foy, 386 p.
19. **CARERRAS J ., CARILLO E ., MASSALES R.M ., NINOT J.M & VIGO, J. 1990**-A propos de la carte végétation des Pyrénées. IV: Vallées de barravés et des castanesa hauteribagorça. Quelques réflexions générales sur la cartographie de la végétation : *Botanica Pirénaico catabricaz*, 609-15.
20. **C.F.HS ,S.d ., 2020**- PROVINCE FORESTIERE AVEC Had El Sahar. Rapport technique. Djelfa. 15 p.
21. **CHAKALI G., 2007**- Stratégie d'attaque de l'hylésine *Tomicus destruens* Wollaston, 1865 *Coleoptera: Scolytidae* sur le pin d'Alep en zone semi-aride Djelfa-Algérie. *Ann. soc. entomol. France*, 43 2 : Pp129-137.
22. **CHARARAS C., 1962**- Etude biologique des scolytidae des conifères. Le chevalier Paris, 556p. Encyclopédie entomologique, XXXVIII.
23. **CONGALTON R. G., 1991**-A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37: 35 46.
24. **DAJOZ R., 1980**-*Ecologie des insectes forestiers*. Gauthier-Villars Paris, pp 331-333. 56p. Encyclopédie entomologique, XXXVIII.
25. **DERDJINI H., 2017**-Cartographie des changements de l'occupation du sol dans la plaine de la Mitidja à partir des images landsat. Mémoire de master, école nationale supérieure d'hydraulique -Arbaoui Abdellah, 78p.

- 26. DEREUCHE H ,2015- Télédétection et analyse des dépérissements des forêts Naturelles en zone semi-aride (Djelfa),**Thèse de Doctorat ,éco.Ecole.N .Sup. Agro. El-Harrah .El-Harrah ALGIE ,224p.
- 27. DESHAYES M & MAUREL P.,1990-L'image spatiale et son contenu ; la Télédétection en Agriculture. Laboratoire Commun de Télédétection. : CEMAGREF-ENGREF, Montpellier France. Options Méditerranéennes, Série A/n°4. P10.**
- 28. DREUX P., 1980-Précis d'écologie. Ed. Presses Universitaires de France. Paris, 231p.**
- 29. DSF., 2008-Département de la santé des forêts. Dégâts d'hylésine destructeur, coléoptère sous-cortical, sur les pins d'Alep en région méditerranéenne Diagnostic, Prévention et lutte. Information technique N° 58 Echelon technique Sud - Est Juin 2008.p4.**
- 30. DUMERLE P., 1991-Etudier les insectes ravageurs des arbres forestiers : Pourquoi ? Comment ?...Quelques résultats. Forêts, pp 23-27.**
- 31. DURAND-GILLMANN M.,2014-Interactions plantes-insectes dans deux écosystèmes forestiers méditerranéens contrastés le cas des scolytes (Coleoptera : Curculionidae : Scolytinae) en région méditerranéenne. Thèse Doctorale en sciences de l'environnement. Aix -Marseille université, France. 176p.**
- 32. DUVEILLER, G., DEFOURNY, P., DESCLÉE, B., & MAYAUX, P., 2007-Deforestation in Central Africa: Estimates at regional, national and landscape levels by advanced processing of systematically distributed Landsat extracts, *Remote Sensing of Environment*, in press.**
- 33. FAO.,2006-l'étude prospective du secteur forestier en Afrique (FOSA) : Algérie .21p.**
- 34. FISTON. J et MIKWA N., 2010-Evaluation par télédétection des effets de la déforestation et de la dégradation des forêts à Kisangani cas de la région forestière de Masako. Thèse. Université de Kisangani RDC - Diplôme d'études approfondies en aménagement durable des forêts congolaises. p53.**
- 35. FLOT J-L., CAROOLLE F .,et LUCAS S .,2007-Dépérissement Et Mortalité :Un Eclairage De La Situation En France. *Inventaire forestier national* , 16 : 1769-6755.**
- 36. GALLEGRO D., GALIAN J., 2001-The internal transcriber spacers (ITS1 and ITS2) of the rDNA differentiates the bark beetle forest pests *Tomicus destruens* and *T. piniperda*. *Ins. Mol. Biol.*, 10 (5). Pp 415-420.**

- 37. GALLEGO D .,CANOVAS F ., ESTEVE M & GALIAN J., 2004**-Descriptive biogeography of *Tomicus* (Coleoptera: Scolytidae) species in Spain. *J. Biogeogr.*, 31. Pp2011-2024.cience Agronomiques. Unive 7 nov. Cartage .Tunisie. p175.
- 38. GHERABI B.,2013**-contribution a l'étude de la reprise végétative du chêne liège après incendie cas de la foret de zariffet (wilaya de Tlemcen), mémoire, ingénieur d'état en foresterie, univ. Tlemcen. 62p.
- 39. GIACOBBO., 2000**-Le principe des images et leur exploitation, G.D.T.A. pp2-3-33.
- 40. GIRARD MC., GIRARD CM., 1989**-Application de la Télédétection à l'étude de la biosphère.186p.
- 41. GODARD V., 2005**-Typologie des paysages forestiers du sud du massif deFontainebleau après la tempête de décembre 1999. Évaluation des dégâts forestiers à l'aide d'un semis de points et d'imagerie satellitale optique. *Revue Internationale deGéomatique*, 15 3 : pp281-302.
- 42. GUILLET J ;2005**-La Télédétection et Ses Applications Pédagogiques . *LE BULLETIN DE L'EPI* .,61 :181-193.
- 43. GUIT B., NEDJIMI B., CHAKALI G., et GUIBAL F ., 2016**-État sanitaire des peuplements de Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans le massif forestier de Senalba (Djelfa, Algérie). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* . 71: 156-167 .
- 44. GUYOT & GÉRARD 1989**-Signatures spectrales des surfaces naturelles. Collection«Télédétection satellitaire n°5», Paradigme, Caen.ISBN-2-86878-03206. 178 p.
- 45. H.C.D.S.,2022**-Haut commissariat au développement de la Steppe. Rapport technique. Djelfa. 25 p.
- 46. HOANG KIM H & BERNIER .M & VILLENEUVE J.P., 2008**-Les changements dedu sol dans le bassin versant de la rivière au Viêt Nam. Essai sur uneapproche diachronique. Institut National de la Recherche Scientifique INRS, CentreEau, *Terre et Environnement ETE*. Canada *Revue Télédétection*, 2008, vol. 8, n° 4, p227-236.
- 47. HORN A., 2006**-*Comparaison des distributions passées et présentes de deux espècesproches de scolytes, Tomicus piniperda et T. destruens (Coleoptera: Scolytinae)*.Thèse de Doctorat, Université d'Orléans, France.
- 48. HULCR Jet STELINSKI L L ., 2017**-The ambrosia symbiosis: from evolutionary ecology to practical management. *Annu. Rev. Entomol.* 62: 285–303.

- 49. INCH, B. S. A. et PLOETZ, R. C. 2012**-Impact of laurel wilt , caused by *Raffaelea lauricola*, on xylem function in avocado, *Persea americana*. *For. Path.* 42: 239–245.
- 50. JEAN F.** *Guide De Encyclopédie Des Espèces*.**[En ligne]**. Créé en 2011 Adresse URL [<https://www.aquaportail.com/definition-9796-scolyte.html>] ,(consulté le 07 Juin 2011).
- 51. JENSEN J.R., 2004**-Introductory digital image processing - a remote sensing perspective. 3e ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- 52. JOLY R., 1975**-Les insectes ennemis de pins. I - II. Ecole Nationale de génie rural des eaux et des forêts. Centre de Nancy. Vol. I 207p.
- 53. JUSOFF K & SETIAWAN I., 2003**-Quantifying deforestation in a permanent forest reserve using vectorised Landsat TM. *Journal of Tropical Forest Science*, 15:pp570-82.
- 54. KADIK B.,1986**-Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Algérie. Écologie. dendrométrie et morphologie. *Ed. O.P.U. Alger*, Algérie. 581 p.
- 55. Kangas, A et Maltamo, M., 2006**- Forest inventory Methodology and Application. Published by Springer. 362 p.
- 56. KHADER M. , 2019**-*Apport de la géomatique à l'analyse spatio-temporelle des parcours steppiques :cas de la région de Djelfa – Algérie* ,Thèse de Doctorat ,Univ Mohamed khider ,Biskra, 148p .
- 57. KHOUS M. & GACHI M., 1996**-Les problèmes entomologiques de nos forêts. *Revue d'information « la forêt algérienne »*, n° 01. INRF, pp 11-13.
- 58. KOHLMAYR B., RIEGLER M., WEGENSTEINER R., et STAUFFER C., 2002**-Morphological and genetic identification of the three pine pests of the genus *Tomicus* (Coleoptera,Scolytidae) in Europe. *Agric. For. Entomol.*, 4, 151-157.
- 59. LACOMBE J.P & SHEEREN D., 2007**-La télédétection principes et applications. Cours de télédétection aérospatiale. *Département Agronomie & Environnement. E.N.S.A de Toulouse. ENSAT.* p81.
- 60. LANIER L., 1976**- Mycologie et pathologie forestières. Tome II. Pathologie forestière. Edition. Masson. Paris. Pp : 16-26.
- 61. LAU C.C., 1997**-Geomorphologic Distribution of Normalized Difference Vegetation Index. Proceedings online of the Asian Conference on Remote Sensing ACRS.

- 62. LE HOUEROU H. N., 1969**-La végétation de la Tunisie steppique. *Ann. Inst. Nat.Rech.Agron. Tunisie*, 42 (5), 624 p.
- 63. LES S.** *La Vie Du Scolyte*. Créé en 2017[<http://www.pc.gc.ca/fr/docs/v-g/dpp-mpb/sec2>],(consulté le 21 septembre 2017).
- 64. LÉVIEUX J ., LIEUTIER F et DELPLANQUE A .,2021**-Les scolytes Ravageur du pin Sylvestre .INRA ,*Station de zoologie forestière*,2 : 347-358.
- 65. LUD ., MAUSEL P ., BRONDIZIO E & MORAN E., 2004**-Change détection technique.*International Journal of Remote Sensing*, vol. 25, n012 Pp 2365-2407.
- 66. LUNETTA R.S & ELVIDGE C.D.,1998**-Remote sensing chang detection,environmental monitoring methods and applications. Ann Arbor Press, Ann Arbor Michigan. P318
- 67. LOUNI D., 1994**- Les forêts algériennes. *forêt méditerranéenne* . XV, n° 7 :59-63.
- 68. MANION (P .D .).** — Tree disease concepts . — Englewood Cliffs (N .J .) : Prentice Hall, 1981 . — 324 p.
- 69. MARINI, L., M. P. AYRES A., BATTISTI et M. FACCOLI., 2012**-Climate affects severity and altitudinal distribution of outbreaks in an eruptive bark beetle. *Clim. Change*. 115: 327–341.
- 70. MAS J.F., 2000**-Une revue des méthodes et des techniques de télédétection duchangement. *Journal canadien de télédétection*, vol. 26, no4, p. 349-362.
- 71. MATTHEW, M. W., S. M. ADLER-GOLDEN, A. BERK, S. C. RICHTSMEIER, R. Y. LEVINE.,et al.,2000**-Status of atmospheric correction using a MODTRAN4-based algorithm. *Algorithms for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery VI*, 199: 207. SPIE Proceedings volume 4049.
- 72. MCDOWELL N.G., FISHER R.A., XU C., DOMEK J.C., HÖLTTÄ T., MACKAY D.S., SPERRY J.S., BOUTZ A., DICKMAN L., GEHRES N., LIMOUSIN J.M., MACALADY A., MARTINEZ-VILALTA J., MENCUCCINI M., PLAUT J.A., OGEE J., PANGLE R.E., RASSE D.P., RYAN M.G., SEVANTO S., WARING R.H., WILLIAMS A.P., YEPEZ E.A., et POCKMAN W.T.,2013**-Evaluating theories of drought-induced vegetation mortality using a multimodel–experiment framework. In *New Phytologist* .200. p: 304-321.
- 73. MEZALI M., 2003**-Rapport sur le secteur forestier en Algérie. 3e session du forum des Nations Unis sur les forêts. 9p .
- 74. NETHERER, S., MATTHEWS B., KATZENSTEINER K., BLACKWELL E., HENSCHKE P., HIETZ P., PENNERSTORFER J., ROSNER S., KIKUTA S.,**

- SCHUME H. et SCHOPF A. 2015**-Do water-limiting conditions predispose Norway spruce to bark beetle attack ? *New Phytol.* 205: 1128–1141.
- 75. NICHEN M., 2015**-*Contribution à l'étude du dépérissement du Cyprès vert (Cupressus sempervirens L.) dans les monts des Traras Occidentaux (Wilaya de Tlemcen)*. Thèse de Doctorat , Univ Tlemcen , Tlemcen :176p .
- 76. OUAMARA A., 2013**-Etude et mise en oeuvre des systèmes d'information géographique. Mémoire de master, Université Abderrahmane Mira de Bejaia 58p.
- 77. PAINE, T. D., RAFFA K. F. et HARRINGTON T. C. 1997**-Interactions among scolytid bark beetles, their associated fungi, and live host conifers. *Annu. Rev. Entomol.* 42: 179–206.
- 78. P.D.A.U., 2017**-*Examen des directives de planification et de reconstruction de la municipalité de Had Sahary*. Ed. Plan Directeur D'aménagement Urbain, 65 p.
- 79. PFEFFER A., 1995**-Zentralund westpalaarktische Borkenund Kernkafer Coleoptera. Scolytidae, Platypodidae. *Pro Entomologica, c/o Naturhistorisches Museum Basel*, 310 p.
- 80. POUCHIN T., 2001**-*Elaboration d'un observatoire paysager, Application à l'estuaire de Seine*. Centre Interdisciplinaire de Recherche en Transports et Affaires Internationales, Le Havre, Thèse. Doct. P316.
- 81. QUÉZEL P., 2000**-Taxonomy and biogeography of Mediterranean pines (*Pinus halepensis* and *P. brutia* ). In Neeman G. and Trabaud L. (Eds.). *Ecology, biogeography and management of Pinus halepensis and P brutia forest ecosystems in the Mediterranean basin*. Backhuys Publishers, Leiden. 1-12.
- 82. RAKOTONIAINA I.S., RAKOTOMANDRINDRA P., RANAIVOARIMANANA S., RAKOTONDRAOMPIAN S., 2013**-La cartographie et la teledetection comme systeme de suivi evaluation des tgrnr. Exemple de site d'application : la commune de didy, region d'alaotra.mangoro, madagascar. Laboratoire de Géophysique de l'Environnement et Télédétection, IOGA, Antananarivo, Madagascar. Cirad-00935064, version 1 -23 Jan 2014.
- 83. RAMADE F., 2003**-Elément d'écologie, écologie fondamentale .3ème édition .Paris. 690p.
- 84. RICHARD E., 1993**-Teledetection de la surface des sols arides: concept et application de l'aridité, une contrainte au développement. ORSTOM, Paris, pp 105-108.

- 85. ROSENFELD G & FITZPATRICK-LINS K., 1986**-A coefficient of agreement as a measure of thematic classification accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 52. Pp 223-227.
- 86. ROUAULT G., CANDAU J.N., LIEUTIER F., NAGELEISEN L.M., MARTIN J.C., et WARZEE N., 2006**-Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the (2003). drought in Western Europe. In *Annals of Forest Science*. 63. p: 613-624.
- 87. SAMUEL S., KEVIN B., FRANÇOIS S., MANON D., ANOUK M., GEOFFROY R., GREGOIRE B., ANTOINE COUETTE, MARIEKE B., JONATHAN L., et al., 2021**-La crise des scolytes (*Ips typographus*) ravageurs de l'Épicéa commun (*Picea abies*) vue de l'intérieur Retours sur une enquête qualitative auprès d'acteurs du nord-est de la France et sa zone transfrontalière (Allemagne, Belgique) réalisée fin 2019 – début 2020. *Revue forestière française, Agro Paris Tech*, 72 (5) : 425-441.
- 88. SARMOUM M., NAVARRO-CERRILLO R. M., GUIBAL F et ABDOUN F., 2018**-Structure, Tree Growth and Dynamics of *Cedrus atlantica* Manetti Forests in Theniet El Had National Park (N-W Algeria). *Open Journal of Ecology*, 8: 432-446. <https://doi.org/10.4236/oje.2018.88026>.
- 89. SAUVARD D., LIEUTIER F et LEVIEUX J., 1987**\_Répartition spatiale et dispersion de *Tomicus piniperda* L.(Coleoptera Scolytidae) en forêt d'Orléans, *Ann. Sci.For.*1987.44(4).417-434.
- 90. SINGH A., 1989**-Digital change detection techniques using remotely-sensed data: Review article. *International Journal Remote Sensing*, vol. 10, no6. Pp989-1003.
- 91. SOUDANI K., 2005**-Rôles potentiels de la télédétection pour des applications environnementales. Université de Paris-sud, 30p. Southern range edge of *Fagussylvatica*. *Global change Biology*, 12. Pp 2163-2174.
- 92. SOUDANI K., 2005a**-Rôles potentiels de la télédétection pour des applications environnementales. Université de Paris-sud, 30p. Southern range edge of *fagussylvatica*. *Global change Biology*, 12. Pp 2163-2174.
- 93. SOUDANI K., 2005b**-Rôles potentiels de la télédétection pour des applications télédétection satellitaire de la végétation ligneuse en région soudanosahélienne. Thèse. Doct. Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve.P270.

- 94. SOUDANI K., 2006-**Module Géomatique. Faculté des Sciences d'Orsay.Laboratoire Ecologie Systématique et Evolution UMR 8079 CNRS- UniversitéParis-Sud XI
- 95. STACKHOUSE P.***NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources.* [En ligne]. Créé en2021 Adresse URL[<https://power.larc.nasa.gov/>],(Consulté le 21 mai 2021).
- 96. TALBI S.,2016-** *Contribution à l'étude du dépérissement du pin d'Alep Pinus halepensis Mill. (Symptôme, cause et traitement) cas de la forêt de Draa El-Aoud à Mecheria (Wilaya de Naâma)* .Mém . Master en écologie. Univ. Tlemcen, Tlemcen, 64p.
- 97. TIR E., 2016-**Analyse spatiale et cartographie de la régénération forestière post-incendie dans la wilaya de Tissemsilt. Thèse de magister, université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 62p.
- 98. VOROVENCII I., 2005-***Researches Concerning the Possibilities of Using SatelliteImages in Forest Planning Works.* Doctor's degree paper. Transilvania.University of Brasov, p294.
- 99. ZAVALA M .,et ZEA E., 2004-**Mechanisms maintaining biodiversity in Mediterranean pine-oak forests: insights from a spatial simulation model. *Plant Ecol.* 171: 197-207.
- 100.ZHAN, Q & WANG, J & PENG, X & GONG P & SHI P., 2002-**Urban built-up landchange detection with road density and spectral information from multitemporalLandsat TM data. *International Journal of Remote Sensing*, 23,pp3057-3078.

# *Annexes*

- **Annexes 1 : forêt naturelle : (cas des shary dahrie)**

Les pointes	X et Y	Coordonnées géographiques	
		N	E
<b>P1</b>	X 1:0544086 Y 1:3912346	'35°21.205	'003°29.115
<b>P2</b>	X2:0544059 Y2:3912291	'35°21.176	'003°29.095
<b>P3</b>	X3:0544062 Y3:3912294	'35°21.178	'003°29.097
<b>P4</b>	X4:0544049 Y4:3912276	'35°21.168	'003°29.088
<b>P5</b>	X5:0544054 Y5:3912275	'35°21.167	'003°29.092
<b>P6</b>	X6:0545524 Y6:3912441	'35°21.253	'003°30.063
<b>P7</b>	X7:0545665 Y7:3912310	'35°21.182	'003°30.156
<b>P8</b>	X8:0545690 Y8:3912316	'35°21.185	'003°30.172
<b>P9</b>	X 9:0545708 Y 9:3912334		
<b>P10</b>	X 10:0545869 Y 10:3912330	'35°21.192	'003°30.290
<b>P11</b>	X 11:0545904 Y 11:3912345		
<b>P12</b>	X 12:0545922 Y 12:3912397	'35°21.228	'003°30.326
<b>P13</b>	X 13:0545828 Y 13:3912385		
<b>P14</b>	X 14:0545863 Y 14:3912376		
<b>P15</b>	X 15:0545875 Y 15:3912376	'35°21.217	'003°30.295
<b>P16</b>	X 16:0545869 Y 16:3912323		
<b>P17</b>	X 17:0545946 Y 17:3912408	'35°21.234	'003°30.343

- **Annexes 2 : forêt naturelle : (cas des sharygeubli)**

Les pointe	X et Y	Coordonnées géographiques	
		E	N
<b>P1</b>	<b>X 1:0547241</b> <b>Y 1:3911753</b>	'003°29.115	'35°21.205
<b>P2</b>	<b>X2:0547340</b> <b>Y2:3911702</b>	'003°29.095	'35°21.176
<b>P3</b>	<b>X3:0547322</b> <b>Y3:3911768</b>	'003°29.097	'35°21.178
<b>P4</b>	<b>X4:0547287</b> <b>Y4:3911800</b>	'003°29.088	'35°21.168
<b>P5</b>	<b>X5:0546547</b> <b>Y5:3910775</b>	'003°29.092	'35°21.167
<b>P6</b>	<b>X6:0546546</b> <b>Y6:3910796</b>	'003°30.063	'35°21.253
<b>P7</b>	<b>X7:0546516</b> <b>Y7:3910810</b>	'003°30.156	'35°21.182
<b>P8</b>	<b>X8:0546536</b> <b>Y8:3910837</b>	'003°30.172	'35°21.185
<b>P9</b>	<b>X 9:0546516</b> <b>Y 9:3910832</b>		
<b>P10</b>	<b>X 10:0546429</b> <b>Y 10:3910852</b>	'003°30.290	'35°21.192
<b>P11</b>	<b>X 11:0546430</b> <b>Y 11:3910851</b>		
<b>P12</b>	<b>X 12:0546363</b> <b>Y 12:3910876</b>	'003°30.326	'35°21.228
<b>P13</b>	<b>X 13:0546314</b> <b>Y 13:3910887</b>		
<b>P14</b>	<b>X 14:0546333</b> <b>Y 14:3910789</b>		
<b>P15</b>	<b>X 15:0546313</b> <b>Y 15:3910886</b>	'003°30.295	'35°21.217
<b>P16</b>	<b>X 16:0547262</b> <b>Y 16:3911782</b>		

- **Annexes 3 :forêt par Reboisement (cas des shary dahrie)**

Les pointe	X et Y	Coordonnées géographiques	
		N	E
<b>P1</b>	<b>X 1:0540828</b> <b>Y 1:3914495</b>		
<b>P2</b>	<b>X2:0540825</b> <b>Y2:3914498</b>		
<b>P3</b>	<b>X3:0540953</b> <b>Y3:3914532</b>	'003°27.051	'35°22.396
<b>P4</b>	<b>X4:0541006</b> <b>Y4:3914548</b>	'003°27.086	'35°22.405
<b>P5</b>	<b>X5:0541130</b> <b>Y5:3914483</b>	'003°27.167	'35°22.369
<b>P6</b>	<b>X6:0541197</b> <b>Y6:3914599</b>	'003°27.212	'35°22.432
<b>P7</b>	<b>X7:0541158</b> <b>Y7:3914628</b>	'003°27.186	'35°22.448

- **Annexes 4 : Reboisement pour la désertification(cas des shary dahrie )**

Les pointe	X et Y	Coordonnées géographiques	
		E	N
<b>P1</b>	<b>X 1:0547229</b> <b>Y 1:3913014</b>	'003°31.191	'35°21.559
<b>P2</b>	<b>X2:0547200</b> <b>Y2:3913049</b>	'003°31.172	'35°21.578
<b>P3</b>	<b>X3:0547156</b> <b>Y3:3913066</b>	'003°31.143	'35°21.587
<b>P4</b>	<b>X4:0547079</b> <b>Y4:3913083</b>		
<b>P5</b>	<b>X5:0547068</b> <b>Y5:3913079</b>	'003°31.085	'35°21.594

- **Annexes 5 :** Variations des précipitations moyennes mensuelles de la région de Had Elshary.(2010-2021).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	totale
P(mm)	34.9	35.4	46.5	43.1	34.5	15.5	4.0	10.1	19.8	35.1	43.5	35.3	358.4

- **Annexes 6 :** Variations des moyennes des températures maxima et minima dans la région de had shary (2010-2021).

Mois	JAN	FEv	Mar	Avr	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
T min °C	-4.1	-6.1	-2.8	1.3	2.5	5.6	12.3	15.0	12.1	1.4	-1.2	-3.8
Tmax °C	23.4	26.1	28.3	31.1	39.2	41.5	43.5	43.9	39.7	36.4	28.0	24.4
Tmoy°C	9.6	10	12.7	16.2	20.8	23.6	27.9	29.4	25.9	18.9	13.4	10.2

- **Annexes 7 :** Cumul annuelle des quantités des précipitations mensuelles (en mm) de 2010 à 2021 de la région de Had Elshary.

Années	Quotité	Excédent +/- déficit
2010	326.95	-
2011	464.06	+
2012	384.05	-
2013	316.41	-
2014	348.05	-
2015	316.41	-
2016	295.31	-
2017	274.22	-
2018	437.7	+
2019	290.04	-
2020	242.58	-
2021	283.06	-

**الملخص: التطور المكاني والزمني لبؤر خنفساء اللحاء غابة صحاري (منطقة الجلفة).**

الهدف من دراستنا هو التعرف على أسباب وعوامل تدهور غابة حد الصحاري في الفترة الزمنية ما بين 2017 و2021 التي تقدر بمساحة 29151.093 هكتار حيث قمنا بإنجاز دراسة تهدف إلى تشخيص الوضعية البيئية باستعمال نظام الاستشعار عن بعد من خلال صور الأقمار الصناعية فيفضل هذه الأساليب والخرجات المتعددة لهذه المنطقة لاحظنا تدهور وتراجع في كثافة الغابات في بعض الأماكن بنسبة تقرب 10% خلال أربع سنوات وهذا راجع لأسباب عديدة من بينها خنفساء مدمرة الصنوبر التي تلعب دورا هاما في اضمحلال الأشجار الصنوبر في غابة حد الصحاري.

**الكلمات الرئيسية:** الاستشعار عن بعد، تدهور الغابات، حد الصحاري، الصنوبر الحلبي، الخنفساء.

**Abstract :Spatio-temporal evolution of bark beetle foci in the forest of Sahary (region Djelfa).**

The aim of our study is to identify the causes and factors of the degradation of " Had Sahary Forest " in the period of time between 2017 and 2021 Which is estimated to be 29151,093 hectare, we completed a study aimed at diagnosing the environmental situation using remote sensing system through satellite imagery. by virtue of these multiple methods and visits to this area, we observed a decline in forest density in some places by an estimated 10% in four years . the is due to several reasons, including the *Tomicus destruens*, which plays an important role in the degradation of Aleppo pine in Had Sahary Forest.

**Keywords.** Télédétection, Decline, Had Sahary, Aleppo pine, Scolyts.

**Résumé :Evolution spatio-temporelle des foyer des scolytes dans la Forêt se Sahary (Région de Djelfa).**

Le but de notre étude est d'identifier les causes et les facteurs de la dégradation de la "Forêt de Had Sahary" dans la période de temps entre 2017 et 2021 qui est estimée à 29151,093 hectare, nous avons réalisé une étude visant à diagnostiquer la situation environnementale à l'aide de système de télédétection à travers l'imagerie satellitaire. grâce à ces multiples méthodes et visites de cette zone, nous avons observé une diminution de la densité forestière à certains endroits d'environ 10% en quatre ans . Cela est dû à plusieurs raisons, dont le *Tomicus destruens*, qui joue un rôle important dans la dégradation du pin d'Alep dans la forêt de Had Sahary.

**Mots clés.** Télédétection, Dépérissement, Had El Sahary , Pin d'Alep, Scolytes .