



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université de Tissemsilt



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme
de Master académique en

Filière : **Ecologie et environnement**

Spécialité : **Protection des écosystèmes**

Présentée par : **BENAISSA RABAH**

Thème

**Contribution à l'élaboration d'une carte de sensibilité
aux incendies dans la zone forestière de lardjem
(forêt domaniale de boussaleh – Tissemsilt-)**

Devant le Jury :

M ^r OUBEL Habib	President	MAA	U. Tissemsilt
M ^r TALEB Med amine	Encadrant	MCA	U. Tissemsilt
M ^r ARDJANE ADDA	Examineur	MAA	U. Tissemsilt

Année universitaire : 2022-2023

Remerciements

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à Monsieur TALEB Mohamed amine pour m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mes recherches.

Je remercie mes très chers parents, qui ont toujours été là pour moi.

Enfin, je remercie tous mes amis qui ont toujours été là pour moi. Leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été d'une grande aide.

Dédicace

Tout d'abord, je tiens à remercier ALLAH

De m'avoir donné la force et le courage de mener

À bien ce modeste travail.

Je tiens à dédier cet humble travail à

A mes chers parents et à toute la famille

Tous ceux qui m'aiment et que j'aime

Liste d'abréviation

ENVI : Environment for Visualising Image.

ERTS : Earth Resources Technological Satellite.

ETM+ :Enhanced Thematic Mapper Plus.

GPS : Le Système de Positionnement Global.

LANDSAT: Land satellite.

OLI8 :Operational Land Imager 8.

SIG : Système d'information géographique.

MM : Millimètre.

KM : kilomètre.

HA : Hectare.

T : Temperature.

P : Precipitation.

% : Percent.

TPF : Tranche par feu.

P.V : Post Vigie.

Liste des figures

Figure 1: Triangle du feu.....	4
Figure 2: Types d'incendies de forêt.....	7
Figure 3: Situation de la zone d'étude.....	17
Figure 4 : Les Points d'eau	20
Figure 5 : Les pare-feu	21
Figure 6 : Poste de vigie au niveau de la région forestière de Lardjem	22
Figure 7: Organigramme de la méthodologie adoptée	31
Figure 8: NDVI 2002	33
Figure 9 : NDVI 2008	34
Figure 10 : NDVI 2016	35
Figure 11 : NDVI 2022	36

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classement de principales essences méditerranéennes suivant l'indice d'inflammabilité.....	5
Tableau 2: les domaines d'application de la télédétection (Unige, 2004 ; Peduzzi, 2009).....	14
Tableau 3 : pourcentages des espèces forestières.....	18
Tableau 4 : Les Animaux sauvages.....	19
Tableau 5 : Espèces de proies à plumes	19
Tableau 6 : Les Points d'eau	20
Tableau 7: Poste de vigie au niveau de la région forestière de Lardjem.....	22
Tableau 8 : La température.....	23
Tableau 9 : Précipitations mensuelles	23
Tableau 10 : La glace	23
Tableau 11 : Le grêle.....	24
Tableau 12 : Les vents.....	24
Tableau 13 : Les données pour la courbe de gaussienne	24

Table de matière

Remerciements

Dédicace

Liste d'abréviation

Liste des figures

Liste des tableaux

Table de matière

Introduction : 1

Chapitre I : Les incendies des forêts

I.1. Définitions : 4

I.2. Classification du combustible : 4

I.3. Les différents types de feu : 6

I.4. La propagation d'incendie : 7

Chapitre II : SIG et Télédétection

II.1. La Télédétection 12

II.1.1. Définition la télédétection 12

II.1.2. Histoire de la télédétection: 12

II.1.3. Objectif de la télédétection 13

II.1.4. Domaines d'application de la télédétection 14

II.2. Le SIG 15

II.2.1. Définition d'un SIG : 15

II.2.2. Intérêt d'un SIG : 15

Chapitre III : La zone d'études

III.1. Localisation 17

III.1.1. Localisation géographique : 17

III.1.1. Localisation administrative : 18

III.2. Etude biologique 18

III.2. climat : 22

Chapitre IV : Matériels et méthodes

IV.1 Matériels : 28

IV.1.1 Outils de traitement : 28

IV.1.2 Outils de prospection : 29

IV.2. Méthodes : 29

IV.2.1. Choix des images satellitaires 29

IV.2.2. Analyse des données et Prétraitements	29
IV.2.3. Méthodologie	29
IV.2.4. Calcul de l'indice de végétation normalisé (NDVI)	30

Chapitre V : Résultats et discussion

IV.1. Les résultats.....	33
Conclusion :	38
Les références :	40

Résumé

ملخص

Abstract

Introduction

Introduction

Introduction :

Les feux de forêts sont des phénomènes naturels qui peuvent également être déclenchés par des activités humaines. Ils se produisent lorsque la végétation, la biomasse et les combustibles présents dans les zones forestières prennent feu et se propagent rapidement, provoquant des dégâts considérables. Les feux de forêts peuvent avoir des conséquences dévastatrices sur les écosystèmes forestiers, la biodiversité, les communautés locales et l'environnement dans son ensemble.

Lorsqu'ils ne sont pas maîtrisés, les feux de forêts peuvent se propager sur de vastes étendues, détruisant les arbres, la faune et les habitats naturels. Ils peuvent également engendrer des émissions importantes de fumée et de gaz toxiques, contribuant ainsi à la dégradation de la qualité de l'air et à des problèmes de santé publique. De plus, les feux de forêts peuvent entraîner des pertes économiques significatives, notamment en détruisant les ressources naturelles, les infrastructures et les habitations.

La prévention, la détection précoce et la lutte contre les feux de forêts sont essentielles pour minimiser les dégâts. Les techniques de gestion des feux de forêts incluent la mise en place de mesures préventives telles que la gestion durable des forêts, le débroussaillage et la création de coupe-feu. La surveillance continue des zones forestières à l'aide de systèmes de détection avancés, tels que les satellites et les tours de vigie, permet une intervention rapide en cas de déclenchement d'incendie.

Dans le bassin méditerranéen, plus de 200 000 hectares de végétation sont brûlés chaque année en raison des incendies. Cette réalité a suscité une prise de conscience croissante du problème, conduisant à de nombreuses études visant à mieux comprendre le phénomène des feux de forêts.

En Algérie, le ministère chargé des forêts établit chaque année un programme de lutte préventive contre les incendies. Ce programme comprend plusieurs mesures, notamment :

L'équipement des massifs forestiers pour faciliter la surveillance et la lutte contre les incendies. Cela peut inclure la mise en place de postes de vigie et l'installation de points d'eaux.

Le débroussaillage, qui consiste à éliminer les matières végétales combustibles, comme les broussailles et les herbes sèches, afin de réduire la propagation potentielle des incendies. Cette mesure contribue à créer des zones moins inflammables et facilite également l'accès des équipes de lutte aux zones concernées.

Introduction

La sensibilisation des populations, qui vise à informer et éduquer les habitants des zones forestières sur les dangers des incendies et les bonnes pratiques de prévention. Cette sensibilisation peut prendre la forme de campagnes de communication, de programmes éducatifs et de la diffusion de consignes de sécurité.

L'objectif de ces mesures est de réduire les risques d'incendie, de limiter la propagation des feux et de minimiser les dégâts causés aux écosystèmes forestiers et aux communautés locales.

Les forêts de la wilaya de Tissemsilt, en particulier celles de Laardjem, sont exposées aux risques d'incendies. Chaque année, pendant la saison estivale, il y a de fréquentes déclarations de feux de forêts dans cette région. Cette situation nécessite des études approfondies afin de comprendre les causes des incendies, l'étendue des dégâts, les mesures de prévention et les moyens de lutte.

Dans cette étude, nous allons nous concentrer sur l'identification des zones les plus vulnérables aux incendies en comparant les indices de l'INDVI et en analysant l'évolution de la superficie forestière à l'aide de quatre cartes temporelles générées par un système d'information géographique (SIG).

Cette étude est structurée de manière cohérente, avec une revue bibliographique approfondie sur l'identification des incendies forestiers et l'utilisation des systèmes d'information géographique (SIG) dans les premier et deuxième chapitres. Nous décrivons ensuite la zone d'étude et présentons le matériel et les méthodes utilisés dans les troisième et quatrième chapitres. Les résultats obtenus et leur interprétation sont présentés dans le cinquième chapitre. Enfin, nous concluons notre travail par une synthèse générale qui résume les principales conclusions.

L'objectif de cette étude est de fournir des informations précieuses sur ce sujet, en apportant des éclaircissements sur l'identification des incendies forestiers et en démontrant l'efficacité des SIG dans leur gestion.

Chapitre I

Les incendies des forêts.

I. Les incendies des forêts

I.1. Définitions :

Un incendie est une réaction incontrôlée de combustion qui se propage à travers le temps et l'espace (**Khalid et al, 2008**). Lorsqu'un feu affecte une surface d'au moins un hectare de manière continue et détruit au moins une partie des étages arbustifs et/ou arborés (partie supérieure), on parle d'un incendie de forêt.

Pour qu'il y ait inflammation et combustion, trois éléments doivent être présents en proportions appropriées (fig. 01) : un combustible, qui peut être tout matériau inflammable, une source externe de chaleur telle qu'une flamme ou une étincelle, et de l'oxygène, nécessaire pour entretenir le feu (**M.E.D.D., 2002**).

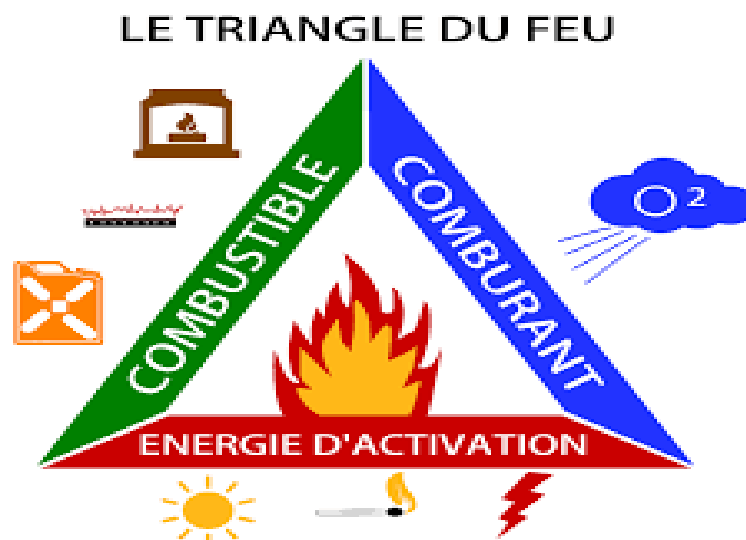


Figure 1: Triangle du feu

I.2. Classification du combustible :

A) - Classification en fonction de la stratification végétale :

D'après **Sandberg et al. (2001)**, on peut classer le combustible en fonction de la stratification végétale suivante :

- Strate des arbres ;
- Strate des arbrisseaux ;
- Strate herbacée ;

- Strate des mousses et des lichens et la litière.

B) - Estimation du risque d'incendie

L'indice du risque du feu (I.R.F) est un outil d'évaluation numérique des divers facteurs qui influencent l'apparition et la propagation des incendies. Il prend en compte, entre autres, les sensibilités aux risques associées (**Berrichi, 2013**).

Trabaud (1983), détermine que les paramètres pris en considération sont :

- Nature de la formation végétale;
- Structure de la végétation ;
- Densité de la végétation ;
- Type de feu ;
- Fréquence des feux.

C)- Le temps de réponse

Il s'agit du temps nécessaire pour que les végétaux perdent 3% de leur excès d'humidité par rapport à l'humidité de l'air.

D)- Le degré d'inflammabilité

Le degré d'inflammabilité d'un peuplement végétal est influencé par plusieurs facteurs (**Tableau 1**), tels que sa composition floristique, sa structure, sa biomasse et l'état des matériaux présents (végétaux vivants et morts). Les conditions météorologiques locales jouent également un rôle important. De plus, les facteurs environnementaux tels que le climat, le sol et la topographie, ainsi que l'histoire du paysage, y compris l'impact des activités humaines, contribuent à cette inflammabilité (**Détry-Fouque, 2006**).

Tableau 1 : Classement de principales essences méditerranéennes suivant l'indice d'inflammabilité

Degree Inflammabilité	Essences
Forte	Bruyère, genêt, chêne vert, pin d'Alep
Assez forte	Pin maritime, genévrier de Phénicie, buis
Modéré	Chêne kermès, viorne, ciste de Montpellier, romarin
Faible	Cèdre, sapin, arbousier

(Détry-Fouque,2006)

E)- La micro structure de la végétation

Selon **Berrichi (2013)**, Il s'agit de la disposition spatiale des organes végétaux les plus fins tels que les feuilles, les aiguilles et les rameaux. La microstructure de ces éléments influence également sur l'intensité du feu. En effet, plus un combustible est finement divisé, plus le contact avec le comburant est efficace, ce qui facilite la combustion.

Lorsque des aiguilles tombées au sol récemment s'accumulent, elles forment un tapis léger qui facilite le contact entre l'air et la matière végétale, favorisant ainsi la combustion. En revanche, un tapis d'aiguilles au sol depuis longtemps, compacté par le vieillissement et les intempéries, forme une couche beaucoup plus dense, rendant la combustion plus difficile.

I.3. Les différents types de feu :

Les feux varient selon leur emplacement vertical sur le plan de la végétation. On distingue généralement trois types principaux (figure 01) : Triangle de feu 2002

- **Les feux de sol** : Ces feux se réfèrent à des incendies qui brûlent sous la surface du sol combustible, principalement constitué de matières organiques partiellement décomposées. En raison du manque d'oxygène, ces feux se propagent lentement. Ils sont souvent difficiles à détecter, car bien qu'ils produisent beaucoup de chaleur, ils émettent généralement très peu de fumée (**Asnoui,2017**).

- **Les feux de surface** : également connus sous le nom de feux de sous-bois, se propagent à travers les sous-bois des forêts, brûlant l'herbe et les broussailles. Leur intensité peut varier, allant de faible à moyenne ou élevée, en fonction de la quantité de combustible disponible. Ils peuvent être initialement des feux de surface ou des feux de sol, et peuvent éventuellement se transformer en un nouveau feu de surface après l'intervention des pompiers (**Asnoui,2017**).

- **Les feux de cimes** : Les feux de cime sont ainsi désignés lorsqu'ils se situent au niveau des arbres et qu'ils brûlent plus de 90% de leur couverture végétale. Ils se propagent généralement depuis le sol et s'élèvent le long des arbres en consommant les feuilles, les aiguilles et parfois même certaines branches. Ils sont caractérisés par une combustion de grandes quantités d'énergie et une vitesse de propagation extrêmement élevée. Ce sont les parties ligneuses des arbres, telles que les troncs et les branches élevées, qui favorisent la propagation verticale en direction des cimes (**Asnoui,2017**).



Figure 2: Types d'incendies de forêt (Asnoui,2017)

I.4. La propagation d'incendie :

a)-Mécanisme de propagation

Le schéma général de propagation d'un incendie de forêt commence par une ignition au niveau de la litière, avec une intensité modérée et relativement facile à éteindre. Lorsque le feu atteint la strate des broussailles, il gagne en ampleur. La hauteur des flammes peut atteindre de 1,5 à 3 fois la hauteur des broussailles en combustion, ce qui signifie que l'intensité du feu dépendra de la hauteur et de la densité de la végétation. Si la broussaille est dense et élevée, le feu peut se propager jusqu'aux cimes des arbres et les embraser. Ce phénomène peut être favorisé par la présence de branches basses, de lichens ou de résine, qui peuvent servir de combustible supplémentaire. (C.E.M.A.G.R.E.F., 1989).

b)-Mode de transfert de la chaleur

Le transfert de la chaleur est un processus d'échange d'énergie, entre deux points de l'espace se produisant. Il est assuré par trois voies (Khalid, 2008 ; Colin et al., 2001) :

- Transmission par conduction

La conduction thermique est le phénomène qui résulte de l'agitation moléculaire, qui est directement influencée par la composition et la température du milieu. La conduction thermique ne peut se produire que dans un matériau solide, liquide ou gazeux. Lorsque la conduction se produit, la chaleur se propage d'un corps chaud vers un corps froid.

- Transmission par rayonnement thermique

Le rayonnement est un mode de transfert de l'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques se propageant avec ou sans support matériel. Tout corps dont la température absolue est supérieure à 0 °K, soit - 273 °C, émet un rayonnement électromagnétique dont la fréquence est fonction de cette température. La quantité d'énergie transférée d'un corps à un

autre par rayonnement augmente avec l'accroissement de la différence de température entre ces deux corps.

- Transmission par convection

La convection est le principal processus de transfert de chaleur impliqué dans la propagation des incendies de forêt. Il est lié aux mouvements de l'air chaud, dont l'intensité est amplifiée par le vent et la pente du terrain. Ces mouvements convectifs peuvent également contribuer au transport de particules incandescentes en amont du front de flammes. Ce phénomène peut favoriser la formation de foyers secondaires, déclenchant ainsi de nouveaux foyers d'incendie. (sautes de feu).

c)-Les facteurs naturels de propagation :

Les principaux paramètres qui interviennent sur la propagation du feu sont :

- Structure et composition de la végétation

La combustibilité de la végétation fait référence à sa capacité à propager le feu en se consumant. Elle est étroitement liée à la manière dont elle se consume et à la quantité de chaleur qu'elle libère. La combustibilité dépend de la quantité de biomasse combustible présente dans la végétation, ce qui est lié à la structure des peuplements végétaux et à leur composition. Elle permet d'évaluer le niveau de risque associé à la propagation du feu et à sa puissance (**Jappiot et al.,2002**).

- Le vent

Le vent joue un rôle crucial dans la propagation des incendies en agissant à différents niveaux. Tout d'abord, il renouvelle l'oxygène présent dans l'air, ce qui favorise la combustion. De plus, le vent réduit l'angle entre les flammes et le sol, ce qui facilite la propagation du feu. Enfin, le vent favorise le transport de particules incandescentes en amont du front de flammes.

Le paramètre du vent a une importance capitale sur la vitesse de propagation du feu. Celle-ci peut varier de 1 cm/s à 167 cm/s, cette dernière étant la vitesse maximale enregistrée pour un incendie (**Trabaud, 1979**).

- La topographie

Selon **Hetier (1993)**, trois paramètres topographiques influencent les incendies de forêt :

- L'inclinaison des pentes

Le pourcentage de la pente a une influence directe sur le comportement des incendies de forêt, car il amplifie les effets de radiation et de convection. Cela se traduit par une augmentation de la vitesse de propagation du feu. Des études expérimentales sur le comportement du feu ont démontré que la vitesse de propagation double sur une pente de 10 à 15 degrés et quadruple sur une pente de 20 degrés (Arfa,2008).

- **L'exposition de la pente**

L'exposition de la pente affecte :

- La quantité de chaleur recueillie par les combustibles en fonction de l'insolation ;
- Les vents locaux ;
- La quantité et le type de combustible.

- **L'élévation du terrain**

L'élévation du terrain au-dessus du niveau de la mer affecte le comportement des incendies de forêt en modifiant la météo et la végétation :

Modification de la météorologie avec l'altitude :

- La température baisse ;
- L'Humidité relative augmente ;
- La vitesse du vent augmente. Modification de la végétation avec l'altitude :
- Le type de végétation ;
- Le taux d'humidité.

- **La teneur en eau :**

La teneur en eau des combustibles est un facteur essentiel qui influence la sensibilité des espèces végétales au feu. Un niveau élevé d'humidité dans les combustibles ralentit la propagation du feu, car une partie de l'énergie produite est utilisée pour évaporer l'humidité présente dans les végétaux. Ainsi, lorsque les combustibles sont plus humides, ils ont tendance à résister davantage à la combustion, ce qui réduit la vitesse de propagation du feu (Trabaud, 1979).

- **Le moment de la journée :**

Les incendies peuvent se déclarer à n'importe quel moment de la journée. Cependant, il est important de noter que certains moments de la journée sont plus propices que d'autres au déclenchement et au développement des incendies.

Dans le combat des feux de forêt, les conditions météorologiques sont des facteurs importants qui influencent le comportement d'un incendie. Au cours d'une même journée, la température, l'humidité relative et le vent varient.

Le cycle journalier de brûlage tient compte de ces changements. On y retrouve 4 périodes pendant lesquelles l'incendie peut augmenter ou diminuer d'intensité (**Trabaud, 1979**) qui sont :

- A- Dans la partie du cycle de brûlage qui se situe entre 13h00 et 18h00, le feu brûle avec une intensité maximale. La température est à son plus haut niveau, tandis que l'humidité relative est à son plus bas. Cette période est critique et le combat de l'incendie est toujours plus difficile.
- B- Entre 18h00 et 4h00, le feu diminue graduellement d'intensité. Les combustibles absorbent l'humidité relative qui augmente dans l'atmosphère. En général, les vents sont plus calmes et la température va en décroissant. L'incendie est alors plus facile à maîtriser.
- C- Dans la période de 4h00 à 9h00, le feu est calme. L'humidité relative est à son plus haut. C'est la période idéale pour combattre l'incendie, car le travail effectué est très efficace.
- D- De 9h00 à 13h00, le feu augmente d'intensité à mesure que les conditions atmosphériques progressent. Cette période est marquée par l'intensification de la combustion et les difficultés de combat s'accroissent

Chapitre II
SIG et Télédétection

II. SIG et Télédétection

II.1. La Télédétection

II.1.1. Définition la télédétection

La télédétection est une technique qui permet d'obtenir des informations sur la surface de la Terre sans avoir de contact direct avec celle-ci, en utilisant l'acquisition d'images. Elle englobe l'ensemble du processus qui consiste à capturer et enregistrer l'énergie du rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et analyser ces données, puis à les appliquer dans divers domaines.

Grâce à la télédétection, il est possible d'obtenir une grande variété d'informations sur la Terre, telles que la couverture végétale, les caractéristiques du relief, la qualité de l'eau, les changements dans l'utilisation des terres, etc. Les données télédéteectées sont collectées à partir de capteurs montés sur des satellites, des avions ou des drones, et peuvent fournir une vision globale et régulière de la surface terrestre à différentes échelles spatiales et temporelles. (CCT, 2018 ; Robert, 2007).

II.1.2. Histoire de la télédétection:

L'histoire des techniques de la télédétection peut être découpée en cinq grandes époques :

1. De 1856, date à laquelle, pour la première fois, un appareil photographique a été installé de façon fixe à bord d'un ballon, à la première guerre mondiale, se déroule l'époque des pionniers, pendant laquelle sont explorées les possibilités de la photographie aérienne verticale pour la cartographie ; les lois fondamentales de la stéréoscopie et de la photogrammétrie sont découvertes à la fin du XIXe siècle.
2. De la première guerre mondiale à la fin des années 50, la photographie aérienne devient un outil opérationnel pour la cartographie, la recherche pétrolière, la surveillance de la végétation. On assiste à un progrès continu de l'aviation, des appareils photographiques et des émulsions (couleur, infrarouge noir et blanc, infrarouge fausse couleur). Les méthodes de la photo-interprétation sont précisées et codifiées.
3. La période qui commence en 1957 et s'achève en 1972 marque les débuts de l'exploration de l'Espace et prépare l'avènement de la télédétection actuelle. Le lancement des premiers satellites, puis de vaisseaux spatiaux habités à bord desquels sont embarqués des caméras, révèle l'intérêt de la télédétection depuis l'espace. Parallèlement, les radiomètres-imageurs sont mis au point et

perfectionnés, de même que les premiers radars embarqués à bord d'avions. La première application opérationnelle de la télédétection spatiale apparaît dans les années 60 avec les satellites météorologiques de la série ESSA.

4. Le lancement en 1972 du satellite ERTS (rebaptisé ensuite Landsat 1), premier satellite de télédétection des ressources terrestres, ouvre l'époque de la télédétection moderne. Le développement constant des capteurs et des méthodes de traitement des données numériques ouvre de plus en plus le champ des applications de la télédétection et en fait un instrument indispensable de gestion de la planète, et, de plus en plus, un outil économique.

5. Depuis les années 70, on assiste à un développement continu de la télédétection, marqué notamment par :

- L'augmentation de la résolution spatiale des capteurs.
- La diversification des capteurs qui utilisent des domaines de plus en plus variés et spécialisés du spectre électromagnétique.

Dans les années 90, on assiste ainsi à la multiplication des satellites équipés de capteurs actifs, radars en particulier. Dans le domaine du rayonnement visible et infrarouge, les capteurs à très haute résolution spectrale sont aujourd'hui d'utilisation courante dans leur version aéroportée et font leur apparition à bord de satellites.

- La diffusion des données sur une base commerciale, envisagée dès le lancement du programme SPOT en 1986, se traduit aujourd'hui par le lancement de satellites de télédétection par des sociétés privées. Les données de télédétection deviennent l'objet d'un marché concurrentiel.

La diffusion accélérée et l'augmentation de la puissance des ordinateurs contribuent de façon continue à promouvoir de nouvelles méthodes d'utilisation des données toujours plus abondantes que fournit la télédétection spatiale (**Gueye, 2013**)

II.1.3. Objectif de la télédétection

La télédétection utilise le rayonnement électromagnétique pour obtenir des informations sur les paysages sous forme d'images. Elle utilise ce rayonnement comme un moyen de transmission pour capturer les informations des objets et des éléments présents sur la surface de la Terre. Les capteurs télédétecteurs enregistrent le rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi par la surface terrestre, puis ces données sont traitées pour former des images représentant les caractéristiques des paysages (**Soudani, 2005**).

II.1.4. Domaines d'application de la télédétection

En pratique, la télédétection est utilisée dans divers domaines pour réaliser des inventaires et des études. Par exemple, elle peut être utilisée pour cartographier l'occupation du sol, permettant de distinguer les différentes classes d'utilisation des terres telles que les zones urbaines, agricoles, forestières, etc. Elle peut également être utilisée pour repérer les feux de forêt, en détectant les sources de chaleur à partir des images satellitaires ou aériennes, ce qui permet une intervention rapide et ciblée des services de lutte contre les incendies. Parmi les domaines d'applications de la télédétection on peut citer ce qui suit dans le tableau suivant

Tableau 2: les domaines d'application de la télédétection (Unige, 2004 ; Peduzzi, 2009)

Domaines	Exemples d'applications
Géosciences	Géologie, pédologie, géomorphologie...
Météorologie	Vitesse des vents, précipitations, températures, détection des cyclones, orages...
Océanographique	Couleur de l'eau, turbidité, hauteur des vagues, courant marine phytoplancton, pollution marine.
Foresterie	Couverture forestière, santé des forêts, impacts après ouragans...
Cadastre / urbanisme	Couverture du sol, urbanisation, contrôle des autorisations (piscines, zones bâties...)
Agriculture	Identification des plantations, évaluation de la production...
Environnement	Etudes d'impact, détection des changements...
Biologie / écologie	Types de végétaux, étude du corail, cartographie des habitats...
Télécommunication	Carte de répartition des antennes de téléphonie mobile...
Hydrologie	Comportements de l'eau à la surface du sol et dans le sol, cycle ...
Archéologie	Cartographie des sites archéologiques
Santé	Prévision des épidémies, relation avec les changements globaux...
Humanitaire	Pré-alerte de famines : réfugiés (camps)...
Catastrophes environnementales	Feux de forêts, éruptions volcanique, sécheresses, marées noires...
Changements globaux	Désertification, variation climatiques, compositions de l'atmosphère...

II.2. Le SIG

II.2.1. Définition d'un SIG :

SIG signifie «Système d'Information Géographique» c'est la traduction de l'acronyme anglais GIS, qui signifie à la fois géographique information system et géographique information science.

Parmi les définitions qui existent jusqu'à présent, nous avons opté la définition américaine qui nous a parait complète émane du Comité Fédéral de Coordination Inter-Agences pour la Cartographie Numérique (**FICCDC, 1988 in Denegre et Salge, 1996**), ce comité définit le Système d'Information Géographique comme « Un système informatique de matériels, de logiciels et de processus, conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale, afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion » Nous ajoutons aussi « de personnels capables de saisir, stocker, mettre à jour, manipuler, analyser et présenter toutes formes d'informations géographiquement référencées ».

C'est un outil doté d'un système de gestion de base de données (SGBD) et de différents outils permettant d'analyser différentes informations géographiques.

II.2.2. Intérêt d'un SIG :

Les SIG servent principalement à :

- Acquisition, stockage et accès rapide aux informations ;
- Intégration de données provenant de diverses sources ;
- Visualisation des données et affichage des informations localisées ;
- Fournir des renseignements qui offrent certaines réponses aux chercheurs ;
- Réagir rapidement après des événements ou des catastrophes ayant un impact sur le territoire ;
- Enregistrer, questionner et analyser l'information sur le territoire ;
- Gestion d'objets à référence spatiale (gestion du territoire, de projet...etc.) ;
- Etablir des cartographies rapides (des cartographies thématiques) ;
- Mettre en œuvre des processus de choix spatiaux interactifs ;
- Effectuer des simulations.

Chapitre III

La zone d'études

III. La zone d'études

III.1. Localisation

III.1.1. Localisation géographique :

La commune de Lardjem est située dans le nord-ouest de la wilaya de Tissemsilt. Elle est limitée au nord par les communes de Larbaa, Lazharria et Bordj Bounaama. À l'est, elle est bordée par les communes de Beni Lahcene et Sidi Abed. Au sud, elle est voisine des communes de Maacem et Ammari, ainsi que des limites de la wilaya de Tiaret. À l'ouest, elle est délimitée par les frontières des wilayas de Tiaret et de Relizane .

Les coordonnées géographiques de la commune de Lardjem se situent entre les valeurs suivantes :

Longitude : entre E 1.254746° et E 1.660855°

Latitude : entre N 35.902258° et N 35.619365°

Le site d'étude

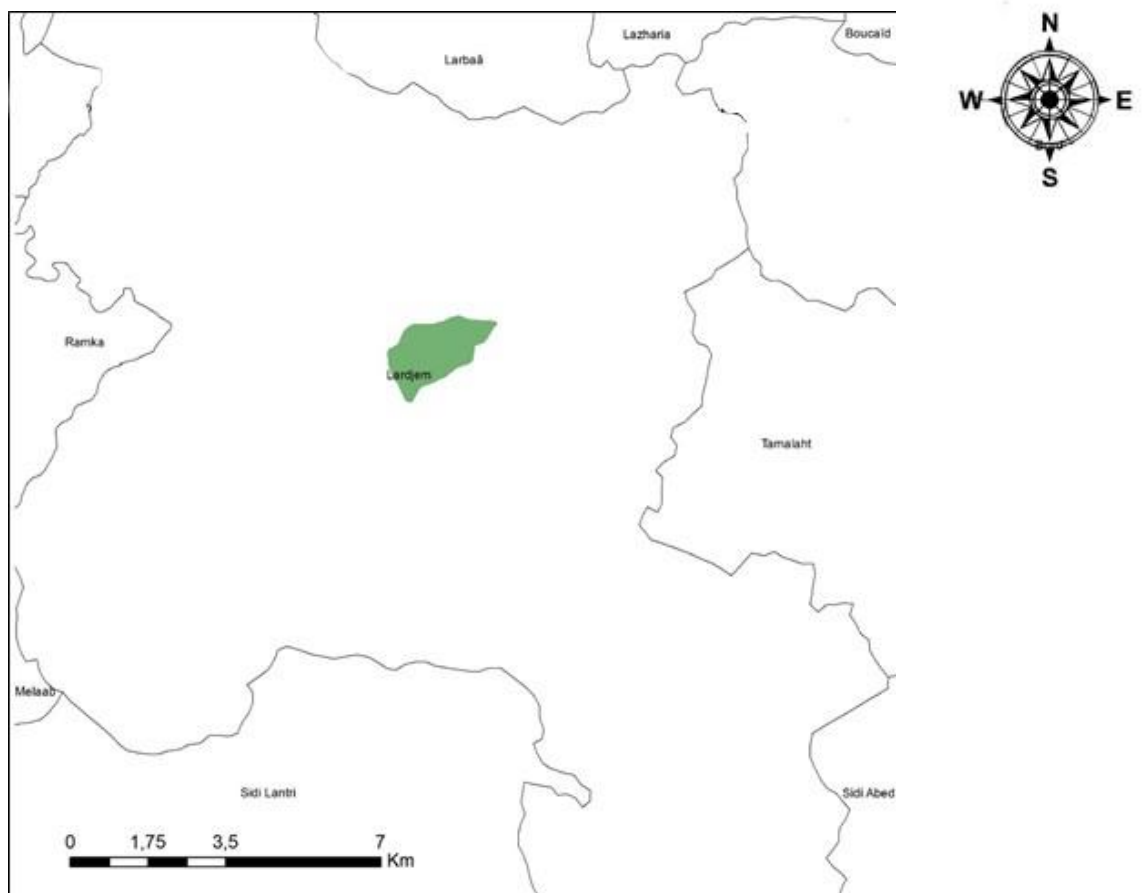


Figure 3: Situation de la zone d'étude

III.1.1. Localisation administrative :

- Wilaya de Tissemsilt
- Commune de Lardjem
- Circonscription de Lardjem

III.2. Etude biologique**a. La biodiversité végétale**

Dans la région, l'espèce dominante est le pin d'Alep, représentant plus de 60% de la végétation. Elle est suivie par d'autres espèces telles que le chêne vert, le caroubier, le thuya et l'olivier sauvage qui cohabitent avec le pin d'Alep (Tableau 3).

En plus des espèces dominantes, on trouve également des espèces secondaires telles que le thym, la lavande et le genévrier. Ces plantes sont souvent de nature médicinale et aromatique, offrant des propriétés bénéfiques pour la santé et la parfumerie. Cependant, leur exploitation commerciale reste limitée dans la région.

Il convient de noter que la diversité des espèces végétales présentes dans la région offre un potentiel intéressant pour la valorisation des ressources naturelles locales. La promotion de l'utilisation durable et la valorisation des plantes médicinales et aromatiques peuvent contribuer à la préservation de la biodiversité et au développement économique de la région.

Tableau 3 : pourcentages des espèces forestières (direction des foret lardjem) :

ESPECE	POURCENTAGE
PIN D'ALEP	66.6 %
CHENE VERT	7 %
CAROUBIER	7,3 %
THUYA	3 %
GENEVRIER	6 %
OLIVIER SAUVAGE	1,5 %
ÉPINE-VINETTE	1,7 %
THYM	2 %
LAVANDE	1,9 %
AUTRES ESPECES	3 %

b. La biodiversité animale :**1) Animaux sauvages :**

Les animaux sauvages de la forêt sont généralement rares en raison du manque d'attention des autorités compétentes et des habitants voisins.

- Espèces de proies à poil : lièvre, sanglier, belette, renard, loup, blaireau, hérisson, lapin de garenne.

La présence des espèces mentionnées précédemment peut varier en fonction des derniers inventaires réalisés (tableau 4 et 5)

Tableau 4 : Les Animaux sauvages (direction des foret lardjem) 2008-2018

ANIMAUX	POURCENTAGE
SANGLIER	15%
LIEVRE	18%
LAPIN DE GARENNE	15%
LOUP	12%
RENARD	9%
MANGOUSTE	5%
HYENE	3%
HERISSON	13%

Tableau 5 : Espèces de proies à plumes (direction des foret lardjem) 2008-2018

OISEAUX	POURCENTAGE
PERDRIX	29%
PIGEON	20%
MILLE-PATTES	16%
CORBEAU	05%
AIGLE	09%
COLOMBE	14%
CAILLE	07%

2- Sources d'eau :

Pour assurer une intervention rapide en cas d'incendie, il est crucial de se baser sur les points d'eau disponibles à proximité de la forêt. Ces points d'eau peuvent prendre différentes formes, tels que des puits, des rivières et des barrages, en fonction de leur localisation et de leur importance dans la région.

Tableau 6 : Les Points d'eau

Noms et emplacements des points	Coordonnées		
	Latitude	Longitude	Altitude
Maison forestière Wad Farkan	35.845749°	1.515322°	875m
Hammam commune de lardjam	35.748820°	546788°	553m
Points d'eau chkaroua	35.720571°	552734°	584m
Points d'eau kouassem	35.760858°	403521°	659m
Points deau sidi mahious	35.731721°	537677°	563m
Sidi sliman	35.875135°	1.452151°	826m



Figure 4 : Les Points d'eau (Photo prise le 08/05//2022) Points d'eau chkaroua

3- Les pistes et les pares-feux forestiers

- Les pistes forestières

Les sentiers sont indispensables pour assurer la mobilité et l'intervention rapide au sein de la forêt. Ils jouent également un rôle crucial dans la prévention de la propagation des incendies. Selon la conservation des forêts de Lardjem, au total, 155 km de pistes sont réalisés dans les forêts de lardjem dont 95 km est praticable.

- Les pare-feu

Les pare feu sont des séparateurs naturels ou artificiels entre deux zones de la forêt qui limitent la propagation du feu entre elles. Elles doivent être exemptes de plantes, d'herbes et de matières inflammables, et il en existe deux types.

Premièrement : les pare feu naturelles telles que les zones d'effondrement des montagnes ou les zones de feux précédents.

Deuxièmement : les pare feu artificielles, créées par l'homme pour limiter la propagation du feu dans la forêt, et elles doivent répondre aux conditions suivantes :

Elles doivent avoir une largeur de 25 à 100 mètres et une longueur adaptée à la superficie et à la densité de la forêt.

Elles doivent être réparties et présentes de manière régulière dans toute la forêt en termes de distribution.



Figure 5 : Les pare-feu (Photo prise le 08/05//2022)

4- Poste de vigie :

Pour garantir une observation efficace de la forêt, il est essentiel d'installer des postes de vigie dans des zones élevées offrant une vue panoramique dégagée. Ces tours sont équipées de cartes topographiques, de jumelles et de dispositifs de communication sans fil. Des gardes forestiers qualifiés, ayant une connaissance approfondie de la région, assurent une surveillance continue 24 heures sur 24. Ils sont supervisés par un agent forestier chargé de détecter et de signaler rapidement tout départ de feu.

Le poste de vigie est stratégiquement situé au point le plus élevé de la zone d'étude (tableau 7), offrant ainsi une couverture complète de la forêt.

Tableau 7: Poste de vigie au niveau de la région forestière de Lardjem

poste de vigie	Forêt d'État	Coordonnées		Altitude (m)
		Latitude	Longitude	
Sidi Daoud	Bou Salah	1°26'57.83"E	51'13.17"N	855



Figure 6 : Poste de vigie au niveau de la région forestière de Lardjem (Photo prise le 08/05//2022)

III.2. climat :

La climatologie est un facteur environnemental d'une grande importance pour le milieu naturel vivant. Elle étudie la quantité de précipitations et les températures enregistrées, car elle est considérée comme l'un des facteurs clés qui régissent la répartition de la couverture végétale sur la terre, ainsi que dans le choix des espèces adaptées à la région.

La station météorologique de Tissemsilt.

1. La température. 2008-2018

Tableau 8 : La température

mois	J	F	M	A	M	J	Jet	A	S	O	N	D	Année
M	14.3	15.1	19.38	21.1	26.1	31.7	38.1	37.5	32.3	24.7	18.4	24.1	303,2
m	1.97	2.54	4.37	6.07	9.97	13.9	27.4	17.8	15	10.1	6.1	2.6	117.85
M+m	8.1	8.8	12.1	13.5	18.1	22.8	27.7	27.7	23.7	17.4	12.3	8.42	200.62

Le tableau révèle que la région se caractérise par :

- Une saison froide de novembre à mars.
- Une saison chaude d'avril à octobre

2. Précipitations. 2008-2018

-Pluie :

Tableau 9 : Précipitations mensuelles

mois	J	F	M	A	M	J	Jet	A	S	O	N	D	Année
M	56	42	40	30	29	7	2	2	15	31	49	50	350
jours	11	10	9	7	6	3	2	2	5	7	8	9	79

À partir du tableau et de la courbe, on peut observer une variation dans la quantité de pluie. La région reçoit la plus grande quantité de pluie pendant les mois de novembre à mars, tandis que les autres mois connaissent deux saisons climatiques distinctes, ce qui est une caractéristique du climat méditerranéen.

Le total des précipitations est estimé à 350 millimètres par an, avec 79 jours de pluie. Cela a un impact sur le rendement global des activités agricoles.

En général, la moyenne annuelle des précipitations est estimée entre 350 et 400 millimètres par an.

3. La glace. 2008-2018

Tableau 10 : La glace

mois	J	F	M	A	M	J	Jet	A	S	O	N	D	Année
jours	2	2.4	1.3	1.1	0	0	0	0	0	0	1.2	5	13

La chute de neige se produit pendant les mois de novembre et se poursuit jusqu'en mars.

• **Le grêle. 2008-2018**

Tableau 11 : Le grêle

mois	J	F	M	A	M	J	Jet	A	S	O	N	D	Année
jours	0.6	0.4	0.5	0.2	0.1	0	0	0	0	0.1	0.2	0.3	2.4

Les chutes de grêle sont plus intenses pendant les mois de janvier, février et mars, et elles sont faibles pendant les autres mois de l'année.

• **Le brouillard :**

La présence de brouillard est liée à l'environnement (l'endroit) :

- Dans les zones montagneuses, il y a en moyenne environ 15 à 20 jours de brouillard par an.
- Dans les zones basses, il y a en moyenne environ 10 à 15 jours de brouillard par an.

• **La neige :**

Les chutes de neige se produisent entre la fin du mois de novembre et le mois de mars, et le nombre de jours de neige par an est d'environ 3 à 4 jours.

• **Les vents. 2008-2018**

Tableau12 : Les vents

mois	J	F	M	A	M	J	Jet	A	S	O	N	D	Année
jours	5	4	3	2	3	2	3	3	2	4	3	4	38

La majorité des vents dominants soufflent dans la direction du sud-ouest et du nord-est. De plus, la plupart des vents se déplacent en soirée pendant les mois de novembre à avril, avec une augmentation en juillet et août.

Le Sirocco : Ce sont des vents chauds et secs qui contribuent à l'augmentation des températures pendant les mois de juillet et août. En général, ils durent environ 6 à 8 heures par jour et se dissipent au coucher du soleil.

- Le nombre de jours de vent est d'environ 30 à 40 jours par an.

Tableau de:

Tableau 13 : Les données pour la courbe de gaussienne

mois	J	F	M	A	M	J	Jet	A	S	O	N	D	Année
P	53	42	40	30	29	7	2	2	15	31	49	50	350
T	8.1	8.8	12.1	13.5	18.1	22.8	27.7	27.7	23.7	17.4	12.3	8.42	2000.62

- Courbe de gaussienne

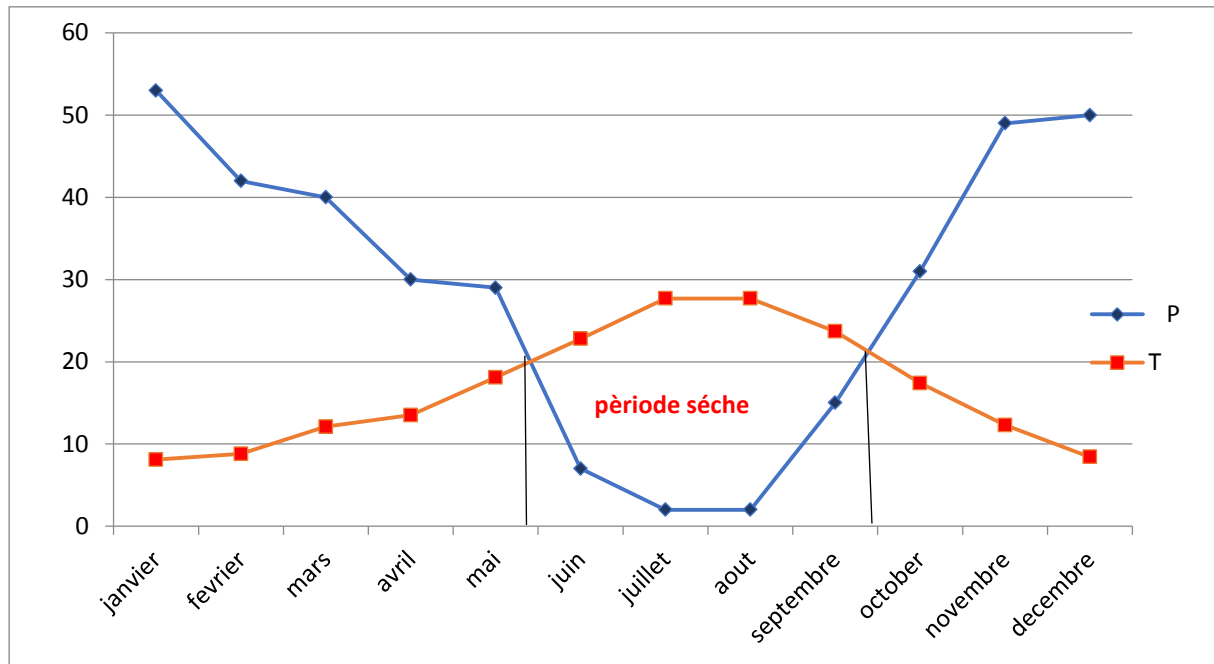


Figure 6 : Courbe de gaussienne

Nous pouvons identifier deux saisons distinctes :

Saison humide : qui commence fin septembre et se termine début mai.

Saison sèche : qui commence début mai et se termine en septembre.

- Le graphique d'Ombrothermie :

À partir du graphique d'Ombrothermie, nous pouvons déterminer avec précision les étages climatiques supérieur et inférieur de la région étudiée, en utilisant la relation de Stewart où :

$$Q2=3.43/ M-m * p$$

Où :

Q : Total des précipitations annuelles (en millimètres).

P : Moyenne des précipitations annuelles (en millimètres).

M : Température maximale mensuelle la plus chaude (en degrés Celsius).

m : Température minimale mensuelle du mois le plus froid (en degrés Celsius).

En utilisant les données climatiques de la station de Tissemsilt :

$$M = 38,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$m = 1,97 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$P = 350 \text{ mm}$$

$$Q2 = 3,43 \times 350 / (1,97 - 38,1)$$

À partir du diagramme d'Ombrothermie, il est possible de conclure que la zone d'étude correspond à l'étage bioclimatique semi-aride, caractérisé par des précipitations relativement faibles. De plus, l'hiver présente des températures moyennes froides.

Chapitre IV

Matériels et méthodes

IV : Matériels et méthodes

IV.1 Matériels :

Dans le cadre de cette étude, des sorties sur le terrain ont été effectuées, suivies d'un traitement au bureau à l'aide d'un ordinateur équipé de logiciels spécialisés dans le traitement d'images satellitaires.

IV.1.1 Outils de traitement :

Les principaux logiciels utilisés sont les suivants :

Environnement For Visualing Images (ENVI 5.1) :

Fournit des outils pour la visualisation, le géoréférencement, les prétraitements, la classification et l'analyse des images satellitaires (**Thomas et al, 2005**).

ENVI est un logiciel largement utilisé et recommandé en raison de sa convivialité et de son interactivité. Il présente l'avantage de prendre en charge un large éventail de formats de fichiers, quelles que soient leur taille. Il dispose également de son propre format de fichier. De plus, l'un des avantages majeurs d'ENVI est que les résultats obtenus lors de l'utilisation de ce logiciel facilitent le travail ultérieur avec d'autres logiciels de cartographie.

ARCGIS :

ArcGIS Online est une plateforme SIG (Système d'Information Géographique) en ligne qui permet aux utilisateurs d'utiliser, de créer et de partager divers éléments géographiques tels que des cartes, des scènes, des applications, des couches d'information, des analyses et des données. Grâce à l'informatique en nuage (cloud computing), les utilisateurs peuvent créer des cartes et des visualisations géographiques qui peuvent être accessibles via un navigateur web, un ordinateur de bureau ou un appareil mobile.

La plateforme propose également un large éventail d'outils d'analyse spatiale, de visualisation des données géographiques, de création d'applications personnalisées et de tableaux de bord interactifs. De plus, ArcGIS Online dispose d'une bibliothèque de couches d'information prêtes à l'emploi provenant de différentes sources, ce qui permet aux utilisateurs d'enrichir leurs cartes avec des données spécifiques telles que des données démographiques, des images satellites, des données environnementales.

IV.1.2 Outils de prospection :

- Un appareil photo numérique pour les différentes prises de vue.
- Un récepteur GPS (Global Positioning System) pour lever les coordonnées du point de la limite de la zone d'étude.
- Un altimètre pour récupérer différentes altitudes des points géoréférencés.

IV.2. Méthodes :

IV.2.1. Choix des images satellitaires

Les images satellites utilisées dans ce travail proviennent du satellite (Landsat 3, Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ et Landsat 8 OLI/TIRS). Le choix de ces données est dicté par le fait qu'elles sont une source d'informations importantes et par le fait que ces images soient téléchargeables gratuitement sur le site de la NASA (<https://earthexplorer.usgs.gov/>).

Dans l'approche temporelle de suivi des changements de notre zone d'étude, nous avons fait le choix de quatre scènes de Landsat 2002, 2008, 2016 et 2022.

IV.2.2. Analyse des données et Prétraitements

Il permet de préparer les images pour mieux analyser les résultats, qui consiste à déterminer les caractéristiques des documents à retenir, pour bien appréhender et représenter la zone d'étude.

Cela implique de passer par deux étapes de traitement qui consiste à faire des corrections radiométrique et atmosphérique des scènes. Cette étape va améliorer l'apparence des images afin de mieux interpréter et analyse les résultats finals.

IV.2.3. Méthodologie

La connaissance et la prise en compte des différentes caractéristiques spectrales des objets permettent d'envisager des méthodes d'analyse basées sur l'emploi simultané de plusieurs canaux d'acquisition, sous forme de combinaison linéaire ou de rapports. Ces valeurs synthétisent l'intensité d'un phénomène trop complexe pour être décrit par des paramètres simples et connus (**Bannari et al, 1995**). Il existe plusieurs indices utilisés à des fins thématiques, selon leurs caractères thématiques, nous avons choisi un indice susceptible de répondre à notre objectif, leur calcul est effectué automatiquement par des fonctions disponibles dans le logiciel ENVI. La formulation des fonctions des différents indices ainsi établie, on

procède progressivement à leurs introductions dans le logiciel qui fournit un résultat sous forme d'image.

IV.2.4. Calcul de l'indice de végétation normalisé (NDVI)

L'indice de végétation normalisé est calculé à l'aide du logiciel ENVI 5.1 sur deux bandes spectrales d'images satellitaires selon la formule $NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$:

- Pour les images de Landsat TM et ETM+, les bandes 3 et 4 sont utilisées,
- Pour les images de Landsat OLI8 TRIS on utilise les bandes 4 et 5.

L'ensemble des étapes peuvent être résumé dans l'organigramme suivant :

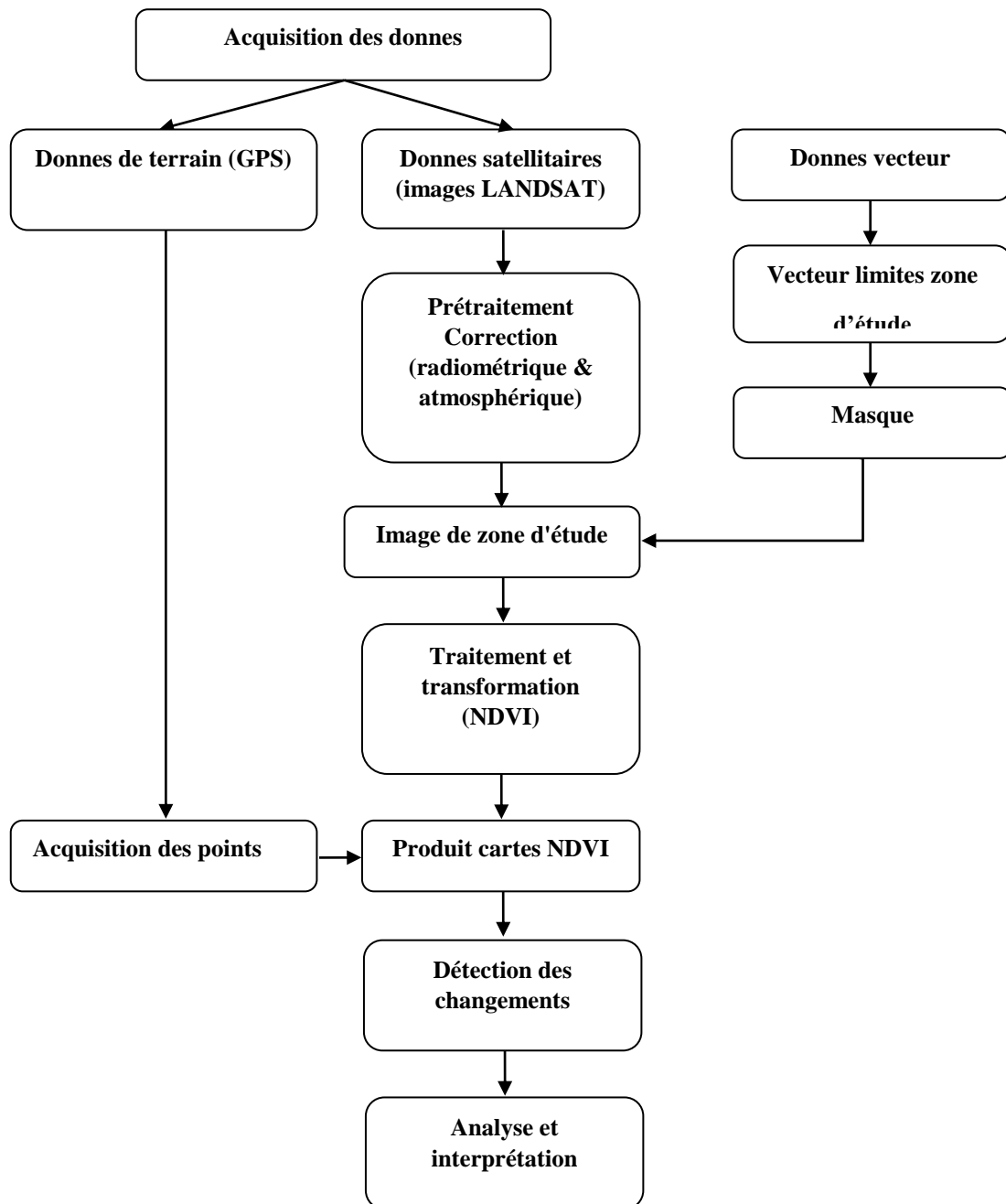


Figure 7: Organigramme de la méthodologie adoptée

Chapitre V

Résultats et discussion

V. Résultats et discussion

Ce travail repose sur l'analyse des résultats de l'indice normalisé de végétation (NDVI) pour une période de 20 ans. Quatre cartes ont été utilisées, correspondant aux années 2002, 2008, 2016 et 2022, avec un intervalle de six ans entre chaque carte.

L'objectif est de décrire l'intensité de l'activité chlorophyllienne pour chaque carte et de comparer les quatre figures afin de mieux comprendre le comportement de la forêt. Il est important de prendre en compte l'impact des incendies, qui non seulement brûlent le bois, mais affectent également de manière évidente l'activité chlorophyllienne des arbres, en particulier ceux du pin d'Alep, qui représentent plus de 66% de la zone d'étude

IV.1. Les résultats

- NDVI 2002

Le NDVI est généralement utilisé pour mesurer l'intensité de l'activité chlorophyllienne. Dans la plupart des cas, on observe des valeurs proches de 0, ce qui indique une faible abondance de l'activité chlorophyllienne, à l'exception de la partie Nord et Nord-Ouest où l'indice atteint environ 0,35, mais sur une petite superficie (**fig. 8**). Cette disparité s'explique par des conditions plus favorables en termes d'humidité, ce qui limite la propagation des incendies. D'ailleurs, la circonscription de Lardjem estime qu'entre 1999 et 2002, près de 700 hectares ont été dévastés par les feux de forêt, principalement concentrés dans la partie Sud-Est.

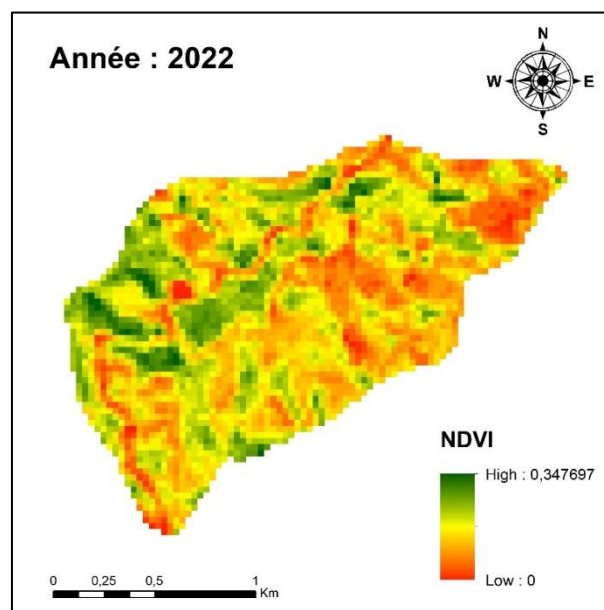


Figure 8: NDVI 2002

- NDVI 2008

D'après la figure 9, qui représente l'INDVI pour l'année 2008, on peut constater qu'après une période de six ans, les zones précédemment touchées par les incendies, principalement dans la partie Est, montrent une activité chlorophyllienne importante avec une valeur de 0,33. Cela suggère une régénération significative de la végétation et une superficie incendiée relativement faible (environ 500 hectares selon la circonscription de Lardjem).

Par ailleurs, la même figure met également en évidence une diminution de l'activité chlorophyllienne dans la partie Ouest. Cela peut être attribué au fait que cette zone abrite des arbres matures affaiblis par les feux antérieurs et a été davantage touchée par les incendies au cours des six dernières années (entre 2003 et 2008).

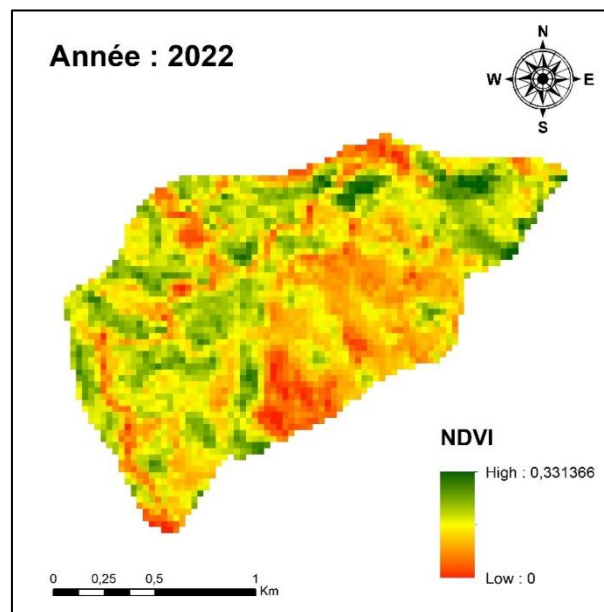


Figure 9 : NDVI 2008

- NDVI 2016

La figure 10 illustre un NDVI extrêmement élevé, atteignant une valeur de 0,55. Il convient de noter qu'après une série d'incendies antérieurs et une bonne gestion des incendies entre 2008 et 2016, avec une superficie de moins de 100 hectares touchés selon le service forestier responsable, des avantages considérables ont été observés pour la croissance favorable de la partie Est et la régénération réussie de la partie Sud.

De plus, une diminution significative des zones dépourvues de végétation (NDVI=0) a été remarquée le long de la zone d'étude.

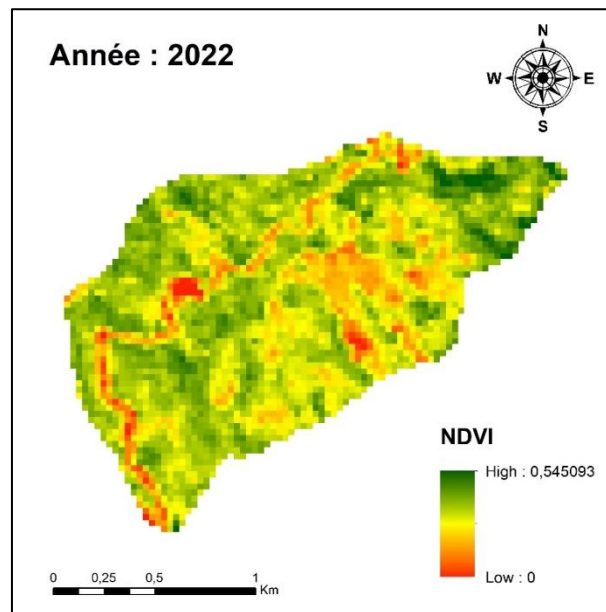


Figure 10 : NDVI 2016

- NDVI 2022

Entre 2016 et 2022, une sécheresse importante a été observée, créant un climat propice à l'apparition et à la propagation des incendies. Cette situation a entraîné une baisse significative de l'indice INDVI, passant de 0,55, enregistré lors de la période précédente, à 0,33 en 2022 (**Fig 11**).

Les autorités compétentes en matière de gestion forestière ont signalé que la majorité des incendies s'étaient produits dans la région du Sud-Ouest de la forêt, dévastant une superficie d'environ 350 hectares. Cette situation est préoccupante car l'intervention a été insuffisante en raison de la nature du terrain, nécessitant des méthodes d'intervention sérieuses et appropriées.

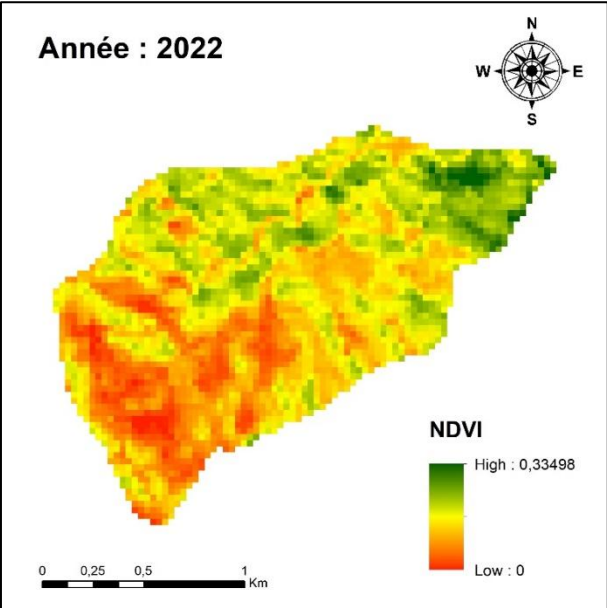


Figure 11 : NDVI 2022

Conclusion

Conclusion

Conclusion :

Les incendies de forêt posent un problème majeur, car ils engendrent la destruction de la biodiversité, menacent une ressource économique précieuse, perturbent des écosystèmes vitaux et compromettent le rôle de régénération environnementale qu'ils jouent.

La zone d'étude relevant de la daïra de Lardjem, présente l'une des forêts les plus importantes de la région avec comme espèce dominante le pin d'Alep. Elle est caractérisée par un climat semi-aride et une période sèche allant du mois de Mai jusqu'au mois de septembre, soit une période de quatre mois.

Chaque année, cette forêt est confrontée à une récurrence alarmante d'incendies, qui ravagent des dizaines d'hectares. Cette situation est particulièrement préoccupante car la forêt est située sur des terrains montagneux, ce qui rend difficile l'accès à l'ensemble de ses zones.

L'analyse des images satellitaires à l'aide d'un système d'information géographique sur une période de 20 ans (de 2002 à 2022) a permis de produire quatre cartes thématiques qui mettent en évidence l'intensité de l'activité chlorophyllienne grâce à l'analyse de l'INDVI. Les résultats obtenus révèlent plusieurs points importants :

- Les régions exposées au nord de la zone d'étude sont les moins touchées par les incendies de forêt.
- La récurrence annuelle des incendies a un impact négatif sur les arbres matures, qui deviennent par la suite un combustible propice aux futurs incendies.
- Les superficies touchées par les incendies présentent un terrain propice à une régénération importante.
- Les années consécutives marquées par un déficit hydrique important, telles que la période 2018-2022, jouent un rôle significatif dans la propagation des feux de forêt.

Cette étude vise à fournir une meilleure compréhension d'un problème préoccupant pour la forêt de grande importance dans la wilaya de Tissemsilt. Notre objectif est également de souligner la nécessité d'une recherche supplémentaire en vue de développer un système de suivi des incendies en temps réel. Nous espérons ainsi contribuer à une meilleure gestion et prévention des incendies, afin de protéger cette forêt essentielle.

Les références

Les références :

- **ASNOUNI S., 2017**-Bilan et analyse des incendies de forêt dans la Wilaya de Relizane durant la période 2010. Thèse Master en forestière. univ Abou bekrbelkaid 12 p.
- **Trabaud, L., 1979**: Etude du comportement du feu dans la gariguede chêne kermès à partir des températures et des vitesses de propagations. Ann. SCI. For, pp 13-38.
- **ARFA A., 2008**- les incendies de forêt en Algérie : stratégies de prévention et plan de gestion, thèse Magister .univ Mentouri-constantine. 37p ,38p, 51,55,56,58p
- **Berrichi M., 2013** : Défonce des forêts contre les incendies (Facteurs favorisant, conséquences et luttes). Polycopié de cours : Uni. Aboubekr Belkaid Tlemcen, 122p.
- **C.E.M.A.G.R.E.F., 1989** : Le Guide technique du forestier méditerranéen français, chapitre IV : protection des forêts contre les incendies. Division technique forestière, Aix- en - Provens (France).
- Cartographie du risque d'incendie de forêt dans la région de Ténès, Chlef
- **Colin P.Y., Jappiot M., Mariel A., Lampin C., & Veillon S., 2001** : Protection des forêts contre l'incendie, Edit. FAO/C.E.M.A.G.R.E.F, Cahier FAO
- **Jappiot M., Blanchir R., et Alex Andrian D., 2002**: Cartographie du risque : recherche méthodologique pour la mise en adéquation des besoins, des données et des méthodes. C.E.M.A.G.R.E.F, ENSMP-ARMINES, Agence M.T.D.A, colloque de restitution des travaux de recherche du S.I.G Incendies de forêt, 4 Décembre 2002, Marseille (France).
- **Khalid, F., 2008**: Contribution à l'élaboration d'un plan de prévention des risques incendies de forêt, cas de la commune de Tlemcen (Nord-Ouest d'Algérie). Mém. Mag. Uni. Abou Bekr Belkaid -Tlemcen, 162 p +annexes.
- **M.E.D.D., 2002** : Les feux de forêt. Dossier d'information, France, 20 p.
- **Hetier, J.P., 1993** : "Forêt méditerranéenne : vivre avec le feu ?
- Élément pour une gestion patrimoniale des écosystèmes forestiers littoraux", Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres, 147p
- **Sandberg D.V., Ottmar R., et Cushon G.H., 2001**: Characterizing fuels in the 21st century.

Les références

International Journal of Wildland Fire, 10:381-387.

- **Detry-Fouque P., 2006** : Le Plan De Prévention « Risque Incendies De Forêt » (Pprif) dans les documents d'urbanisme (Module UE 414 - Jean-Pierre Guin, Institut d'Aménagement Régional Université Paul Cézanne Aix-Marseille III), 2006, 23p.
- **Robert A. Schowengerdt. (2007)** « Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing », Academic Press is an imprint of Elsevier, University of Arizona, USA.
- **(GUEYE Ismaila, 2013)**, Application de la Télédétection aérospatiale pour l'évaluation de la dégradation des ressources naturelles : cas des sols de la région de Kaolack située dans le Bassin arachidier du Sénégal, p42-46.
- **(Soudani.K.) (2005)**. introduction général à la télédétection cours en ligne Fac des sciences d'Orsay-Unv paris Sud XI.
- **UNIGE (2004), peduzzi (2009)**: Assessing global exposure and vulnerability towards natural hazards: the Disaster Risk Index. In: *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2009, vol. 9, n° 4, p. 1149-1159.P05.
- Thomas D., Maraston C., Bender R et Mendes de Oliveira C., 2005. The Epochs of Early Type Galaxy Formation as a Function of Environment. *The Astrophysical Journal*
- 2005, p. 621 - 673 (T05).
- Thomas et al 200.

websit

- (CCT 2018) Centre Canadien de Télédétection, (2018). « Fundamentals of Remote Sensing », <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/satellite-imagery-airphotos/satellite-imagery-products/educational-resources/9363>
- <https://uottawa.libguides.com/c.php?g=715386&p=5132652>
- <http://earthexplorer.usgs.gov>

Résumé

Ce travail vise à fournir une vue d'ensemble des incendies de forêt à l'aide de systèmes d'information géographique à distance (SIG). L'étude a été effectuée dans la région de Larjam dans la wilaya de Tissemsilt. Nous avons utilisé quatre images satellites LANDSAT pour la période de 2000 à 2022, car ces cartes nous ont permis de identifier les zones d'incendie dans la zone étudiée.

Mots clé : SIG, Incendies de forêt, Carte.

ملخص:

يهدف هذا العمل لتقديم نظرة حول حرائق الغابات باستعمال نظم المعلومات الجغرافية عن بعد، كانت الدراسة في منطقة لرجام بولاية تيسمسيلت استعملنا خلال اربع صور لاقمر الصناعي LANDSAT للفترة الزمنية من 2000 إلى 2022، حيث مكنتنا هذه الحرائط من تحدي مناطق الحرائق بالمنطقة المدروسة. الكلمات المفتاحية: نظم المعلومات الجغرافية عن بعد، حرائق الغابات، خرائط.

Abstract

This work aims to provide an overview of forest fires using remote geographic information systems. The study was in Larjam area in the state of Tissemsilt. We used four LANDSAT satellite images for the time period from 2000 to 2022, as these maps enabled us to identify the fire areas in the studied area.

Keywords: remote geographic information systems, forest fires, maps.