

Département des Sciences de la Terre

Licence en Sciences et Techniques
Eau & Environnement

**Contribution de la télédétection à la
cartographie du couvert végétal du
bassin versant de l'Oued N'Fis
(Région de Marrakech, Maroc)**

Réalisé par :

CHARIF Zakaria

Soutenu :

Le 29 Juin 2021

Devant le jury composé de :

Mr. AZIZI Abdelfattah

FST- Marrakech

Mr. GOURFI Abdelali

FST-Marrakech

Mr. JAFFAL Mohammed

FST- Marrakech

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2020-2021

Remerciement :

La réalisation de ce projet de fin d'étude a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma gratitude.

Je tiens à remercier Mr. AZIZI Abdelfattah mon tuteur de projet de fin d'étude à l'FST qui m'a suivi tout au long de cette période et m'a conseillé sur l'orientation que celui – ci devait prendre.

Je tiens à remercier Mr. GOURFI Abdelali qui m'a suivi tout au long de cette période et m'a conseillé sur l'orientation que celui – ci devait prendre.

Je remercie également tout l'équipe pédagogique de la Faculté des sciences et techniques.
Je voudrais aussi remercier Mr. JAFFAL Mohammed d'avoir accepté d'examiner mon travail

Résumé

La télédétection est la technique qui est par l'acquisition d'images, permet d'obtenir des informations sur la surface de la Terre sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe une démarche qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information ciblée.

Dans le cadre de projet de fin d'études, nous avons fait appel à cette méthode pour suivre l'évolution spatio-temporelle de la couverture végétale dans le bassin N'fis (Sous bassin du bassin Tensift).

Pour arriver à cet objectif nous avons fait en premier temps, un traitement de plusieurs images satellitaires et calculer le facteur NDVI de deux images satellitaires (prises en 1984 et 2020) par le logiciel ArcGIS.

Par la suite nous avons réalisé des cartes d'occupations du sol à partir de 1992 jusqu'à 2015 pour calculer la surface de couverture végétale, Les résultats obtenus montrent cette surface a connu augmentation.

Pour expliquer ces changements nous avons analysé les variations des précipitations dans le bassin N'fis pendant cette période. Les résultats obtenus ont montré que les précipitations dans ce bassin sont constantes. Ce qui permet de conclure que l'augmentation du recouvrement n'est pas reliée aux précipitations, mais plutôt à une augmentation de la surface des forêts artificielles installées à plusieurs endroits dans le bassin de N'fis dans le cadre du projet de Maroc vert.

Table des matières

Remerciement	2
Résumé	3
Liste de figures	5
Liste des tableaux	5
Liste des photos.....	6
Introduction.....	7

Chapitre I : Système d'information géographique

I. Définition de SIG.....	8
II. Données géographiques.....	8
III. Organisation des données dans un SIG	9
IV. Formats des données	9
V. Principales fonctions du SIG	11

Chapitre II : présentation de bassin de N'FIS

I. Définition de bassin de NFIS.....	13
II. Généralités su le bassin de N'fis.....	14
II.1 Cadre géologique.....	14
II.2 Contexte climatique	15
II.3 Couverture végétale.....	17

CHAPITRE III : Etude de la variation de la couverture végétale de bassin de N'FIS.

I. Introduction.....	18
II. Méthodologie	18
III. Résultat et discussion.....	21
Conclusion	32

Liste des figures :

Fig.1 : Composantes d'un SIG	7
Fig.2 : Types de données dans un SIG	8
Fig.3 : Forma raster.....	9
Fig.4 : Données spatiales	9
Fig.5 : Principales fonction du SIG.....	11
Fig.6 : Carte de situation du bassin de N'FIS.....	13
Fig.7 : Les précipitations de 1975 jusqu'à 2011.....	15
Fig.8 : Schéma de la méthodologie de travail.	19
Fig.9 : Carte des réseaux hydrographiques et d'altitude	20
Fig.10 : Carte des pentes du bassin versant de N'Fis	21
Fig.11 : Carte de couverture végétale de bassin N'Fis (1984)	22
Fig.12 : Carte de couverture végétale de bassin N'Fis (2020)	22
Fig.13 : La variation de couverture végétale de bassin N'FIS (1984-2020)	23
Fig.14 : Les variations temporelles d'occupation du sol dans le bassin N'FIS	25
Fig.15 : La variation des surfaces agricoles du bassin de N'Fis	26
Fig.16 : La variation des surfaces nue du bassin de N'Fis	27
Fig.17 : La variation de la superficie de la forêt du bassin de N'fis	27
Fig.18 : La variation de NDVI (Modis) (1999-2020)	28
Fig.19 : Les précipitations des mois janvier et juillet du bassin N'FIS (1975-2010)	29

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Pluviométrie annuelle au niveau de quelques stations dans le bassin de Tensift en 2014	15
Tableau 2 : Les bandes spectrales enregistrées par le capteur	18
Tableau 3 : Statistique de la variation de surface de couverture végétale de bassin N'FIS....	23

Liste des photos :

Photo.1 : Doum	16
Photo.2 : Buplèvres épineux	16
Photo.3 : Le pin d'Alep	16
Photos.4 : photos du barrage lalla takerkoust en 1935 et au présent	24
Photo 5 : Image par google earth d'une forêt artificielle à côté de Tafeghaghte.....	30
Photo 6 : Image par google earth d'une forêt artificielle à côté de Azrou oudaka.....	30
Photo 7 : Image par google earth d'une forêt artificielle entre les deux villages Aguersouak et tamsoulte.....	30
Photo 8 : Image par google earth d'une forêt artificielle à côté d'Azgour.....	30

INTRODUCTION

Le bassin versant de N'FIS est l'un des plus grands sous bassin du bassin de Tensift, avec une superficie de 2855 km², le sous-bassin de N'fis est situé dans la partie centrale du bassin Haouz-Mejjate. Il est délimité à l'Est par le sous-bassin Rherhaya, au Sud par les montagnes du Haut Atlas, au Nord par l'oued Tensift et à l'Ouest par le sous-bassin Assif Al Mal.

Depuis son apparition, l'image satellitaire occupe une place très importante notamment dans l'observation et le suivi des phénomènes naturels et humains (économique, érosion du sol et l'évolution de couverture végétale, dans ce cadre-là, les analyses des images Landsat de 1984 Jusqu'à 2020 nous ont permis de suivre l'évolution des formations végétales naturelles dans le bassin de N'fis.

Notre objectif est de mettre en évidence les changements spatio-temporels de couverture végétale et de déterminer la relation entre les précipitations annuelles du bassin et l'évolution spatio-temporelle de couverture végétale.

Chapitre I : Système d'information géographique.

I. Définition de SIG :

Le système d'information géographique (SIG) est un système de gestion de base de données pour la saisie, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse et l'affichage de données géoréférencées. L'ensemble des données est structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision (DIDIER in BOUSSON, 2003).

Un système d'information géographique, comme le montre la figure 1, est un ensemble d'équipements informatiques, de logiciels et de méthodologies pour la saisie, la validation, le stockage et l'exploitation de données, dont la majorité est spatialement référencée, destinée à la simulation de comportement d'un phénomène naturel, à la gestion et l'aide à la décision.



Figure 1 : Composantes d'un SIG.

([Www.researchgate.net/publication/309741762](http://www.researchgate.net/publication/309741762))

II. Données géographiques :

Généralement pour qu'un objet spatial soit bien décrit et prêt à être utilisé par un SIG, trois informations doivent être fournies :

- sa position géographique dans l'espace.
- sa relation spatiale avec les autres objets spatiaux : topologie.
- son attribut, c'est à dire ce qu'est l'objet avec un caractère d'identification. (code)

Les systèmes d'information géographique permettent de traiter les données spatiales et associées.

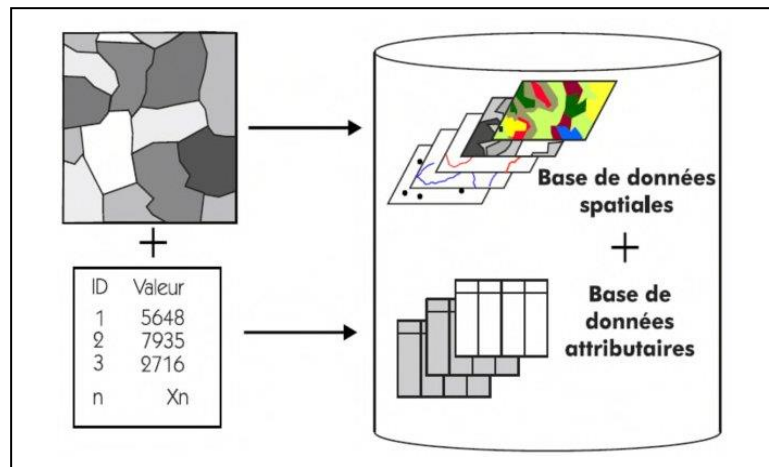


Figure 2 : Types de données dans un SIG

(www.researchgate.net/publication/309741762)

III. Organisation des données dans un SIG :

Un SIG organise les informations géographiques sous forme de couches (appelées aussi thèmes, calques, plans ...). Chaque couche représente un ensemble de données similaires.

L'originalité d'un SIG par rapport à d'autres systèmes est liée à cette jointure permanente entre l'information spatiale et attributive, qui est analysé et modifié conjointement.

IV. Formats des données :

La représentation des données géographiques au sein d'un SIG est réalisée suivant deux modes de structuration de l'information.

- le mode raster, construit une image du territoire au travers d'une grille découpant l'espace en cellules (pixels) pouvant prendre chacune une valeur en fonction de la thématique de la carte.

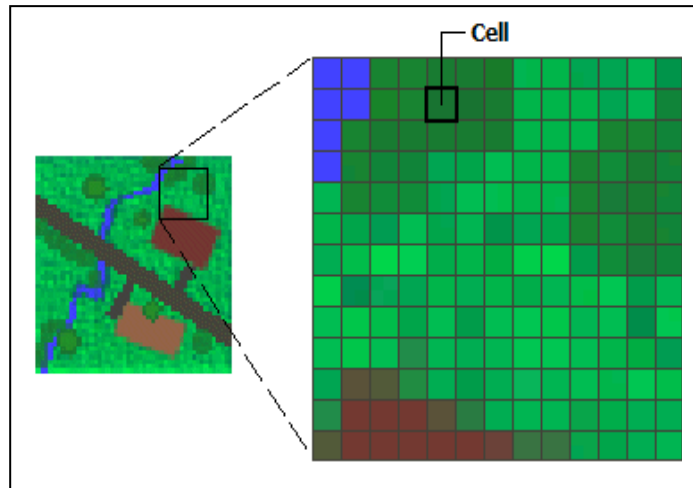


Figure 3 : Forma raster

(<https://desktop.arcgis.com/fr/arcmap/10.3/manage-data/raste>)

- le mode vectoriel, repose sur une description numérique et géométrique explicite sous forme d'objets distribués dans l'espace.

Ces objets sont de trois types :

- les points : est désigné par ses coordonnées et à la dimension spatiale la plus petite
- Les lignes : a une dimension spatiale constituée d'une succession de points proches les uns des autres.
- les surfaces (Polygone, zone) : est un élément de surface défini par une ligne fermée ou la ligne qui le délimite. (LEJEUNE et *al.*, 1999).

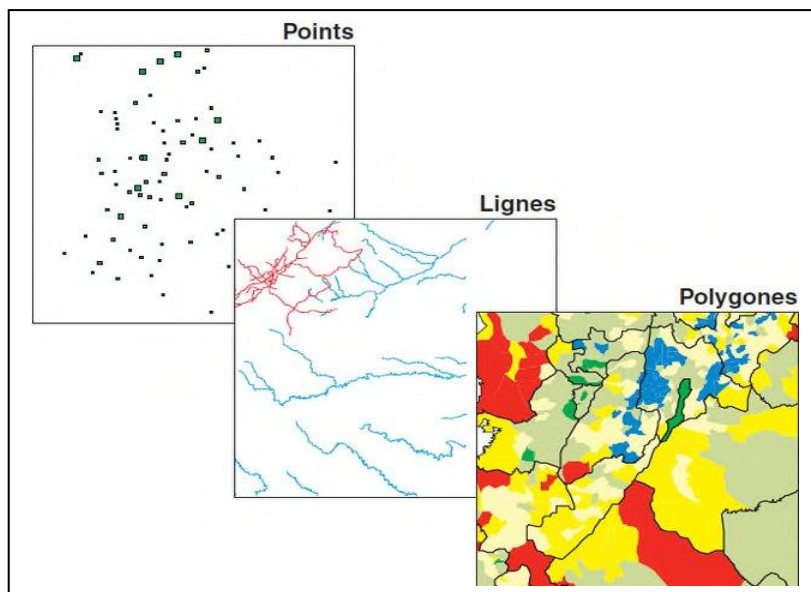


Figure 4 : Données spatiales.

([Www.researchgate.net/publication/309741762](http://www.researchgate.net/publication/309741762))

V. Principales fonctions du SIG :

Saisie :

Avant d'utiliser des données papier dans un Système Informatique Géographique (SIG), il est nécessaire de les convertir dans un format informatique. Cette étape essentielle depuis le papier vers l'ordinateur s'appelle digitalisation.

Les SIG modernes sont capables d'automatiser complètement ces tâches pour des projets importants en utilisant la technologie des scanners. D'autres projets moins importants peuvent se contenter d'une phase de digitalisation manuelle (table à digitaliser). Aujourd'hui de nombreuses données géographiques sont disponibles dans des formats standard lisibles par les SIG. Ces données sont disponibles auprès de producteurs de données et peuvent être directement intégrées à un SIG.

Manipulations :

Les sources d'informations (comme celles décrites précédemment) peuvent être d'origines très diverses. Il est donc nécessaire de les harmoniser afin de pouvoir les exploiter conjointement (c'est le cas des échelles, du niveau de détail, des conventions de représentation...) Les SIG intègrent de nombreux outils permettant de manipuler toutes les données pour les rendre cohérentes et ne garder que celles qui sont essentielles au projet.

Ces manipulations peuvent, suivant les cas n'être que temporaires afin de se coordonner au moment de l'affichage ou bien être permanentes pour assurer alors une cohérence définitive des différentes sources de données.

Gestion :

Si pour les petits projets il est envisageable de stocker les informations géographiques comme de simples fichiers, il en est tout autrement quand le volume de données grandit et que le nombre d'utilisateurs de ces mêmes informations devient important.

Dans ce cas il est essentiel d'utiliser un SGBD (Système de Gestion de Bases de Données) pour faciliter le stockage, l'organisation et la gestion des données. Un SGBD n'est autre qu'un outil de gestion de la base de données.

Il existe de nombreux types de SGBD, mais en Système d'Information Géographique, le plus utilisé est le SGBDR (Système de Gestion de Bases de Données Relationnel). Les données y sont représentées sous la forme de tables utilisant certains champs comme lien. Cette approche qui peut paraître simpliste offre une souplesse et une flexibilité sans équivalent permettant aux SIG de s'adapter à tous les cas de figure.

Visualisation :

Pour de nombreuses opérations géographiques, la finalité consiste à bien visualiser des cartes et des graphes. Une carte vaut mieux qu'un long discours. La carte est en effet un formidable outil de synthèse et de présentation de l'information.

Les SIG offrent à la cartographie moderne de nouveaux modes d'expression permettant d'accroître de façon significative son rôle pédagogique. Les cartes créées avec un SIG peuvent désormais facilement intégrer des rapports, des vues 3D ; des images photographiques et toutes sortes d'éléments multimédia.

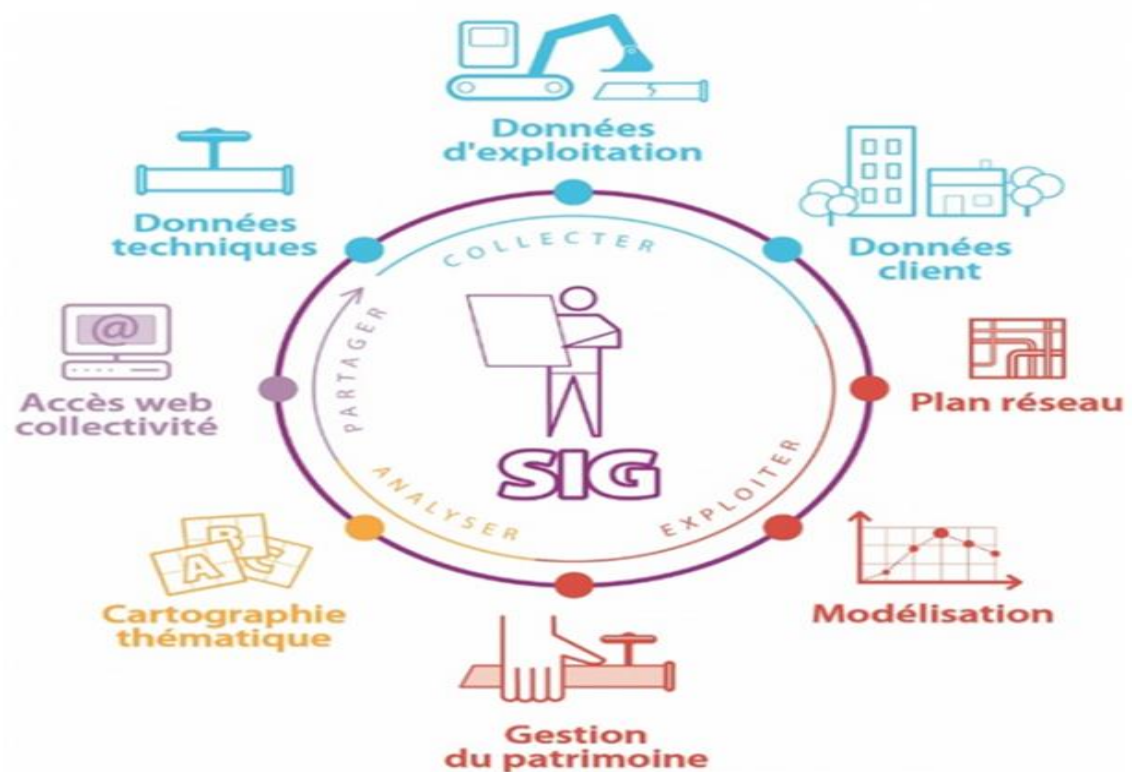


Figure 5 : Principales fonction du SIG.

(<https://www.smica.fr/fr/metiers-services/information-geographique>)

Chapitre II : présentation de bassin de N'FIS.

I. Définition de bassin de NFIS :

Le bassin versant est la surface délimitée par un contour, à l'intérieur duquel toutes les eaux de ruissellements se dirigent vers le point plus bas appelé exutoire. La plupart du temps, ce contour passe par les crêtes des montagnes, ou " ligne de partage des eaux superficielles".

Il est également défini d'après l'article 15 de la loi 10-95 de l'eau par : « La totalité de la surface topographique drainée par un cours d'eau et ses affluents de la source à la mer. »

Le bassin versant N'FIS fait partie du Bassin Hydraulique de Tensift ayant une Superficie de 24.800 Km² (ABHT, 2006). Il occupe 5,2% de cette superficie. Son cours d'eau mesure 152 km jusqu'à la confluence avec l'oued Tensift. Son réseau hydrographique mesure 3322 km environ au barrage, soit une densité de drainage de 1,97 km/km².

A l'est du bassin de N'fis se trouve le sous-bassin de Rhéraya, au nord la plaine du Haouz et à l'ouest l'Assif El mal. Selon (Amrhar, 1995), la longueur du bassin est de plus de 900 kilomètres et la largeur moyenne est de 80 kilomètres.

Le bassin versant de N'Fis situé dans le Haut Atlas occidental central du Maroc (Figure 6), se situe entre 7°55'W et 8°40'W de longitude et 30°52' N et 31°25' N de latitude et couvre environ 1702 km². Il est traversé par la rivière N'Fis et les altitudes varient de 641 m à 4080 m au point le plus bas, avec une altitude moyenne de 1860m.

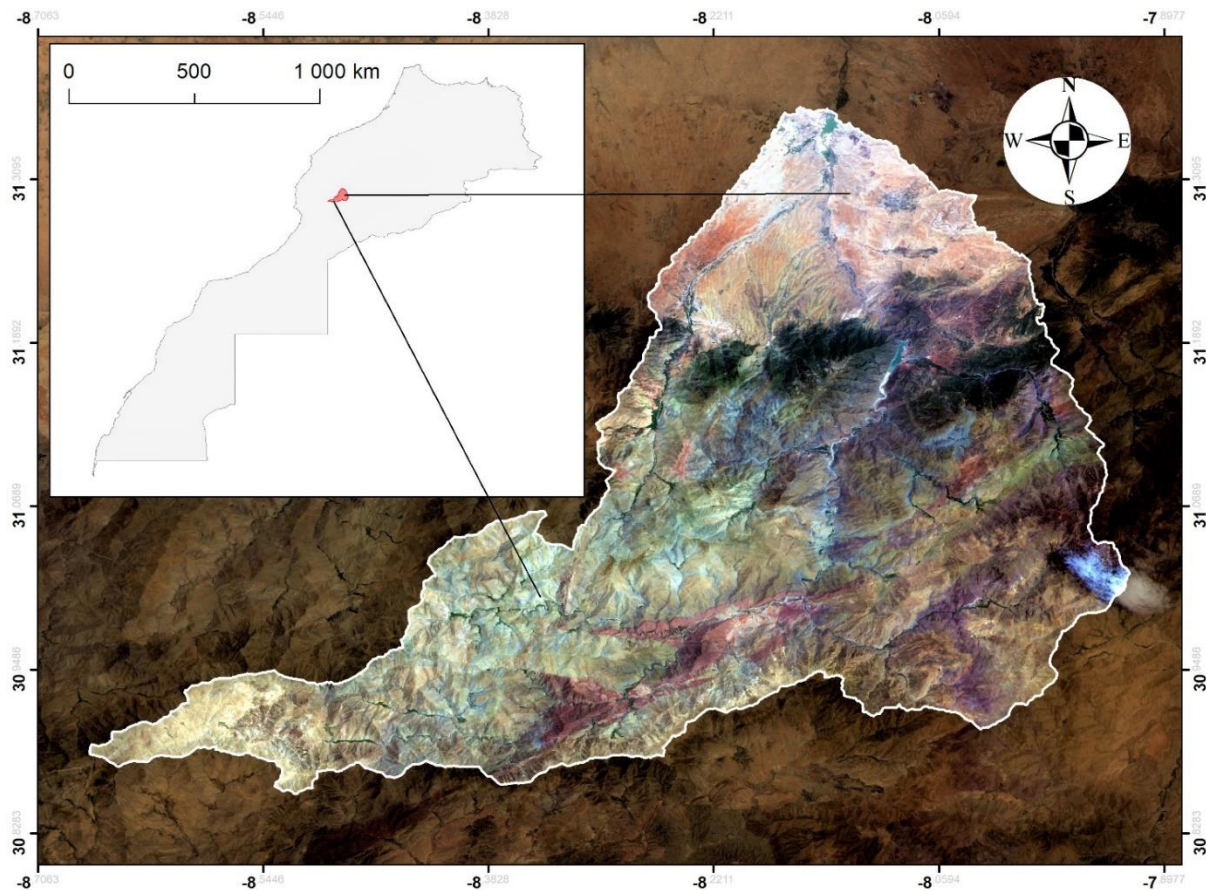


Figure 6 : Carte de situation du bassin de N'FIS.

II. Généralités su le bassin de N'fis :

II.1 Cadre géologique :

Le bassin versant du N'fis se compose essentiellement d'un socle primaire affecté par l'orogénèse hercynienne dont la couverture est d'âge secondaire et tertiaire. Il se divise en deux parties :

- **Domaine de la chaîne atlasique**

Il se compose de chaînes intercontinentales longues et étroites à formations mésozoïques qui reposent sur le socle hercynien et/ou précambrien.

- **Plaine du Haouz**

La plaine du Haouz est un bassin de sédimentation dans lequel se sont accumulées au Néogène et au quaternaire des formations détritiques continentales et fluviales issues du émantèlement de la chaîne atlasique.

- **Cadre stratigraphique**

Tous les étages de la série géologique du Primaire au Quaternaire ont pu être observées soit par des sondages profonds, soit à l’affleurement sur la bordure de la plaine (Mouchkane, 1983). Un forage (IRE 53/3141) a été exécuté en 1989, en rive droite du N’FIS a pu montrer les caractéristiques suivantes (Soulaïmani, 1991) :

- Une formation calcaire perméable du jurassique-crétacé et Eocène.
- Une formation marno-gréseuse souvent salifère du crétacé, jurassique permo-trias souvent très peu perméable.
- Une formation métamorphique ou éruptive du primaire et du précambrien imperméable. On note que dans l’ensemble, les faciès imperméables restent prédominants dans la partie active du bassin. Quant à la plaine du Haouz, elle est constituée en surface d’alluvions du quaternaire récents et sur sa frange sud du quaternaire moyen et ancien. Ce sont des formations perméables qui ne permettent pas de ruissellement conséquent. (Abou-Elaaz & Maïmouna, 2006)

II.2 Contexte climatique :

Le bassin versant de N’Fis est caractérisé par un climat aride à semi-aride avec une température moyenne annuelle autour de 18,6°C, une température absolue maximale de 47,5°C mesurée en juillet et une valeur minimale absolue de l’ordre de -7,5°C observée en janvier.

- **Précipitation**

Les précipitations annuelles sont en moyenne de 375 mm/année. Dans le bassin versant, les précipitations sont notablement plus élevées dans les régions du sud-est et du sud-ouest où les altitudes les plus élevées ont été observées. Des précipitations mensuelles élevées sont enregistrées en mars et avril, tandis que les valeurs minimales sont mesurées en juillet et août.

Le tableau ci-dessous présente les valeurs précipitations annuelles dans quelques stations dans le bassin de N’Fis en 2014. ABHT/ABHOER (données brutes).

Zone	station	Moyenne mm/an	Max mm/an	Min mm/an	Ecart. Type	Coefficient de variation
N'Fis Amont	Takerkoust	229	401	136	62	0,27
	I. N'Kouris	228	363	123	56	0,27
	I. El Hamam	239	419	142	65	0,27
	Iloujdane	298	522	177	81	0,27
	S. Bouothman	321	563	191	87	0,27
	Amez Miz	425	743	253	115	0,27
	Moyenne	287	502	170	78	0,27

Tableau 1 : Pluviométrie annuelle au niveau de quelques stations dans le bassin de Tensift en 2014. (AHT GROUP et AG -RESING, 2016)

Présentation graphique des précipitations du bassin de N'Fis de 1975 à 2011 :

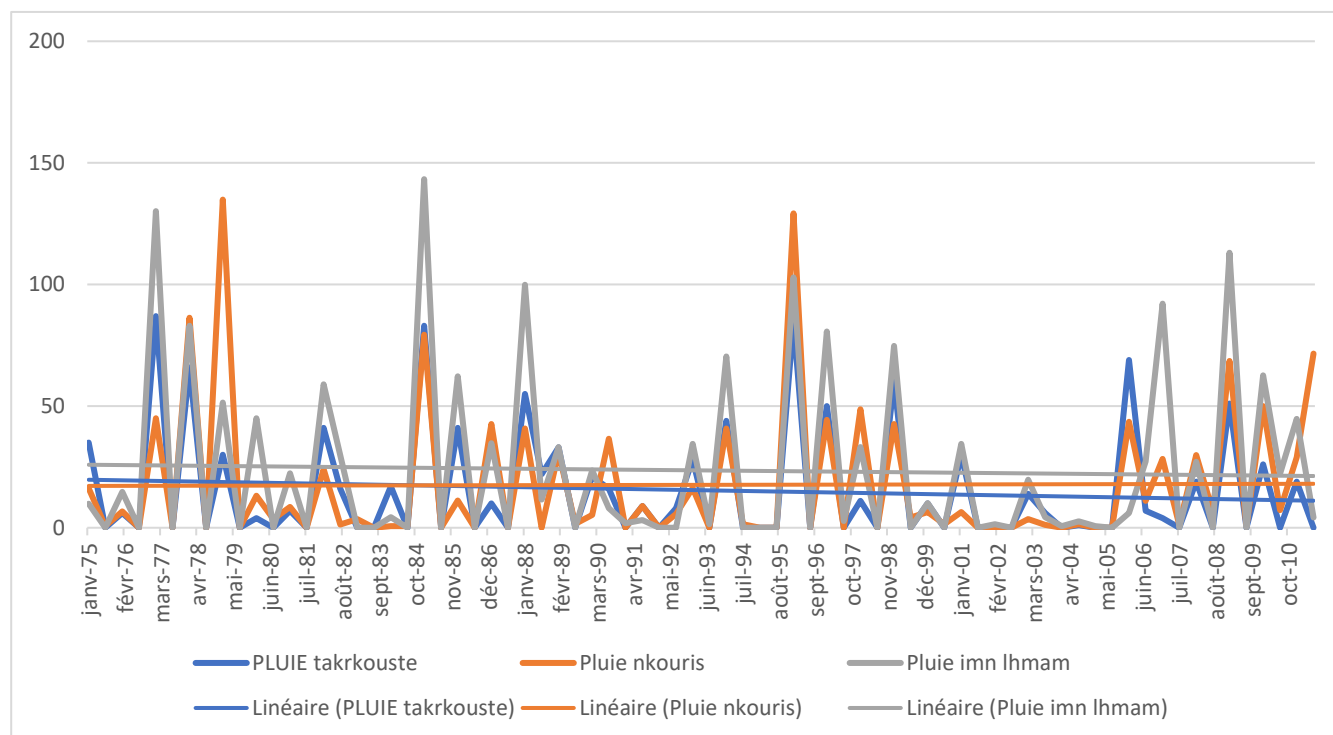


Figure 7 : Les précipitations de 1975 jusqu'à 2011

Ce diagramme en courbe représente la variation des précipitations (mm/mois) de janvier 1975 à 2011 dans bassin N'Fis, dans trois stations ; Takrkouste, Nkouris et Imm lhamam.

La valeur maximale connue durant cette période dans les trois stations est 143,3 mm, et la valeur minimale est 0 mm, on observe que les tendances des trois sites sont décroissantes à constante de 1975 jusqu'à 2011.

II.3 Couverture végétale :

- Des espaces steppiques et/ou herbacés s'adaptant à la chaleur du piémont (Jujubier, Doum...etc.)
- Des espaces steppiques et herbacés s'adaptant au froid des hautes altitudes (Buplèvres épineux ...etc.)
- Des espaces à végétation ligneuse et arborée.



Photo 1 : Doum



Photo 2 : Le pin d'Alep



Photo 3 : Buplèvres épineux

Chapitre III : Etude de la variation de la couverture végétale de bassin de N'FIS.

I. Introduction :

La télédétection permet, d'une part, de suivre les variations d'occupation du sol sur de larges étendues, et d'autre part de faire des comparaisons dans le temps et dans l'espace.

Dans notre cas on a utilisé la télédétection pour enregistrer les variations de la couverture végétale dans le bassin de N'Fis du 1984 jusqu'à 2020. Pour faire un traitement de plusieurs images satellitaire pendant cette période, et aussi réaliser des cartes d'occupation de sol de 1992 jusqu'à 2015. Afin de comprendre le type de relation entre la précipitation et l'évolution de couverture végétale.

II. Méthodologie :

Pour effectuer l'analyse de l'évolution de couverture la végétale, nous avons choisi deux images Landsat 5 du 22 et 06 juin 1984 et deux autres images Landsat 8 du 07 juillet 2020, toutes les images sont prises pendant la saison sèche pour éviter de comparer des images de différentes saisons, ce qui pourrait donner des résultats non comparables. Les images utilisées dans cette analyse ont été acquises via la base de données d'images Earth Explorer USGS (Landsat Imagery Archive) avec 202/38 et 202/39 (path/row), de résolution d'image de 30*30m.

Plusieurs indices sont utilisés pour étudier l'évolution de couverture végétale, parmi ces indices ; l'NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) est le plus utilisé pour cartographier le couvert végétal.

Nommé aussi l'indice de Tucker, construit à partir des canaux ; rouge (R) et proche infra-rouge (PIR) mesurées dans le spectre visible par des capteurs.

TABLEAU 2 : LES BANDES SPECTRALES ENREGISTREES PAR LE CAPTEUR TM
([HTTPS://WWW.RNCAN.GC.CA](https://www.rncan.gc.ca))

TM 1	0,45 - 0,52 (bleu)	Discrimination entre le sol et la végétation, bathymétrie/cartographie côtière ; identification des traits culturels et urbains
TM 2	0,52 - 0,60 (vert)	Cartographie de la végétation verte (mesure le sommet de réflectance) ; identification des traits culturels et urbains
TM 3	0,63 - 0,69 (rouge)	Discrimination entre les espèces de plantes à feuilles ou sans feuilles ; (absorption de chlorophylle) ; identification des traits culturels et urbains
TM 4	0,76 - 0,90 (proche IR)	Identification des types de végétation et de plantes ; santé et contenu de la masse biologique ; délimitation des étendues d'eau ; humidité dans le sol
TM 5	1,55 - 1,75 (IR de courte longueur d'onde)	Sensible à l'humidité dans le sol et les plantes ; discrimination entre la neige et les nuages
TM 6	10,4 - 12,5 (IR thermique)	Discrimination du stress de la végétation et de l'humidité dans le sol relié au rayonnement thermique ; cartographie thermique
TM 7	2,08 - 2,35 (IR de courte longueur d'onde)	Discrimination entre les minéraux et les types de roches ; sensible au taux d'humidité dans la végétation

Le NDVI est utilisé en évaluation de la vigueur et la quantité de végétation par l'analyse des mesures de télédétection.

Il est calculé par la formule :

$$NDVI = \frac{PIR - R}{PIR + R}$$

La valeur de NDVI est comprise entre -1 et 1, Il existe 3 possibilités pour cette valeur :

- Proche de 1 : végétation très dense d'une activité chlorophyllienne forte.
- Proche de 0 : représente en générale des terrains des sols nus ou il n'y a pas de feuillettes verts.
- Négative : représente les valeurs générées essentiellement par l'eau, les nuages et la neige.
- Dans cette étude et pour bien comprendre l'évolution de la végétation au cours des 36 dernières années nous avons calculé NDVI de quelques dizaines d'images. Deux images satellitaires sont étudiées davantage l'une est prise en 1984 et l'autre en 2020. La démarche suivie est expliquée dans l'organigramme suivant :

Pour suivre l'évolution spatio-temporel de la couverture végétale on a suivi les étapes suivantes :

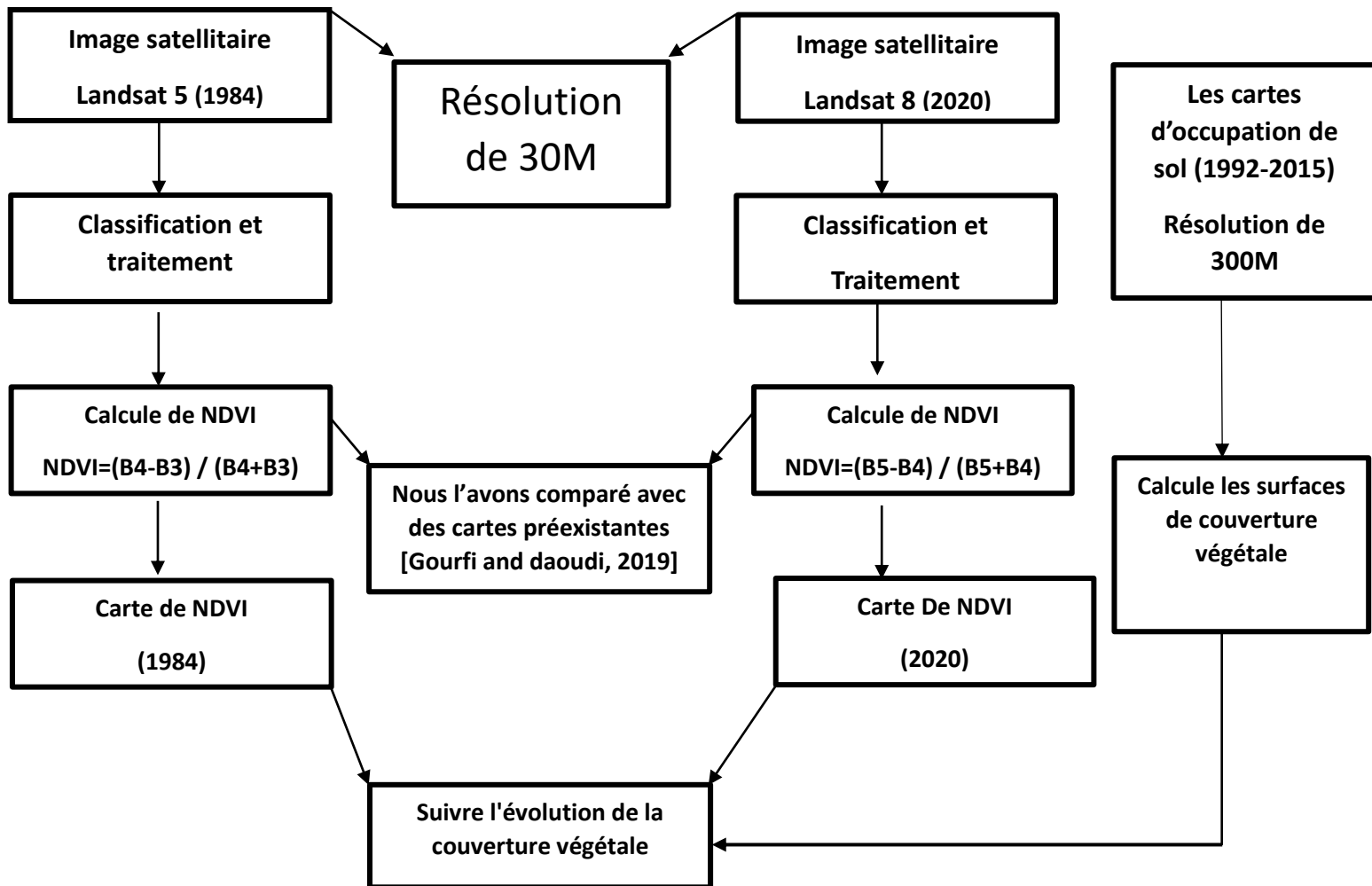


Figure 8 : schéma de la méthodologie de travail.

Caractérisation du bassin versant de N'fis :

- Délimitation du BV de N'fis en prenant le barrage de Lalla Takerkoust comme exutoire
- Carte des altitudes.
- Carte des pentes.

- Elaboration de la carte du réseau hydrographiques.

Les cartes d'occupation de sols :

Nous avons étudié les variations de couverture végétale dans le bassin de N'fis à travers l'élaboration des cartes d'occupation de sol (de résolution spatiale du 30 m) du 1992 jusqu'à 2015. On calcule la surface de différentes classes de végétations par le logiciel de traitement d'image ArcGIS.

Donnée de l'NDVI "Modis" :

Afin de confirmer les résultats qu'on a trouvé, les données de NDVI extraites à partir du capteur Modis (2000-2020), ayant une résolution spatiale 250 mètre, et une résolution temporelle de 7j.

L'approche consiste à déterminer pour le capteur la zone qu'on veut étudier, et lui il va nous donner pour chaque 7j une moyenne de l'NDVI pour l'ensemble des pixels composant la zone d'étude (zone de N'fis).

III. Résultat et discussion :

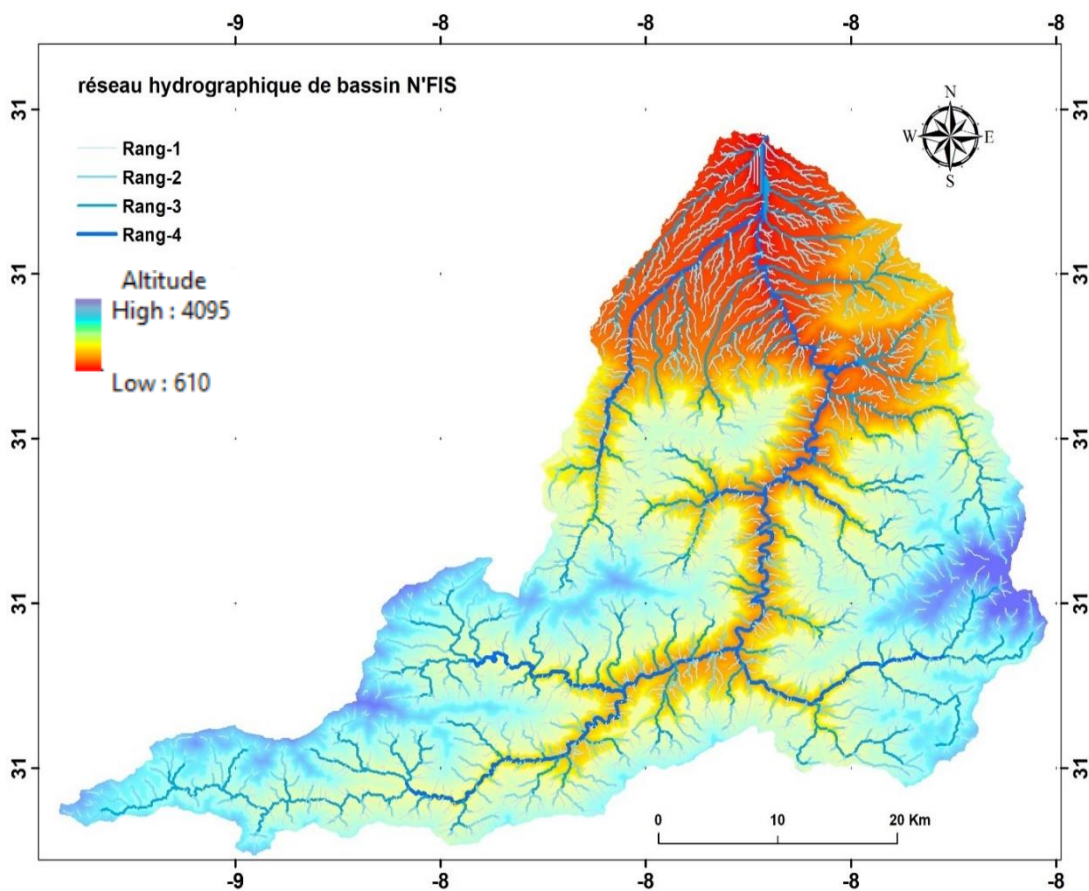


Figure 9 : Carte des réseaux hydrographiques et d'altitude du bassin de N'Fis

A partir du MNT un réseau de drainage théorique a été reconstitué. Le réseau hydrographique du bassin versant N’FIS est très dense. Le cours d’eau principale est oued N’FIS, c’est un affluent principal de l’oued Tensift. Il draine un bassin versant d’une superficie de 1290 km², ce bassin versant coïncide pratiquement avec la limite avale des zones de ruissellement actif (Fig. 3). Le bassin versant de N’FIS a son écoulement essentiellement issu des pluies (Hanich et al. 2006). Son cours d’eau mesure 152 km jusqu’à la confluence avec l’oued Tensift. Son réseau hydrographique mesure 3322 km environ au barrage, soit une densité de drainage de 1.97 km/km² (ABHT 2003).

La répartition du bassin versant par tranche d'altitude revêt une importance capitale dans les études hydrologiques du fait que la plupart des facteurs météorologique sont fonction de l'altitude (AitSlimane, 2005). Les altitudes sont comprises entre 300 m au niveau de l'exutoire et 4100 m dans la partie amont du bassin

On observe que les hautes altitudes sont situées au Sud-Ouest et Sud-Est et les basses altitudes sont situées au Nord.

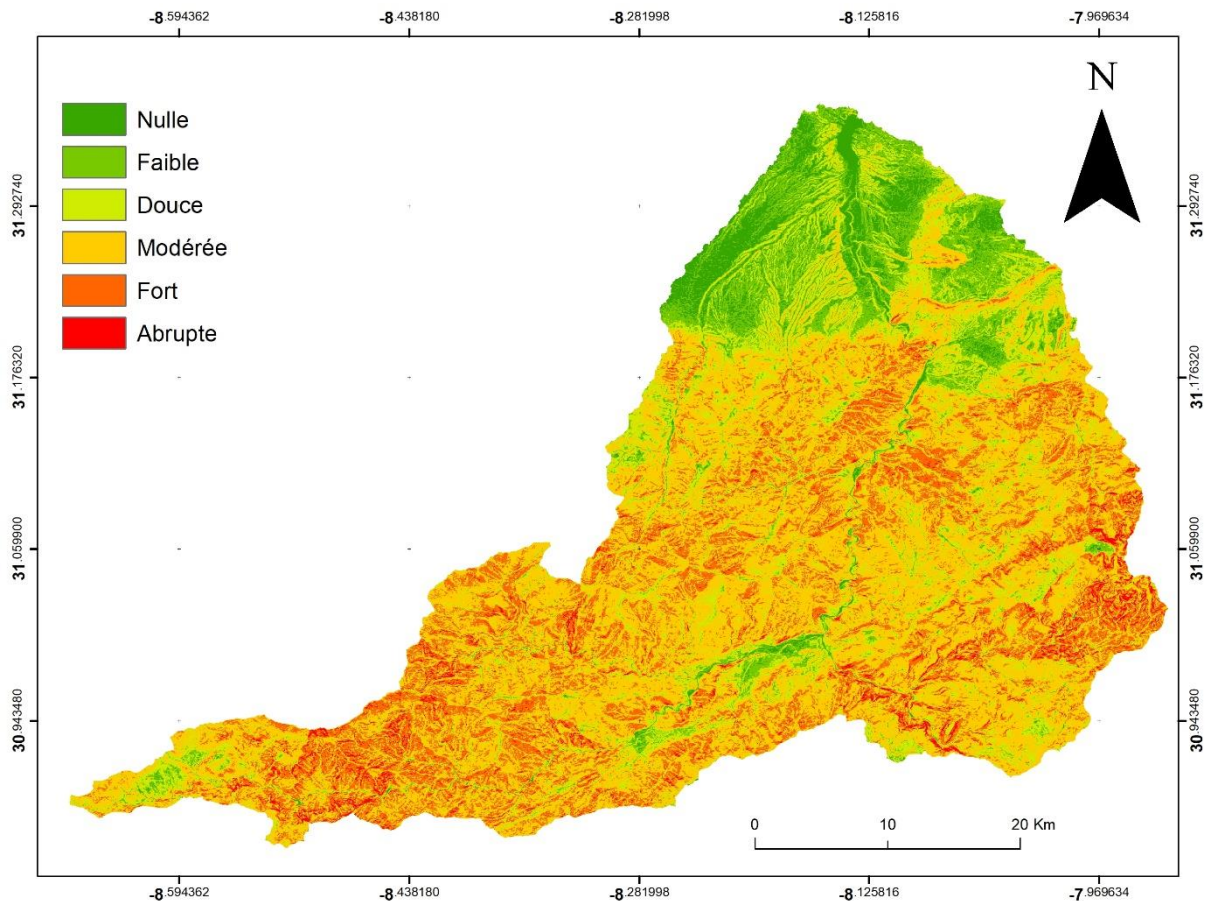


Figure 10 : Carte des pentes du bassin versant de N’Fis

Ce bassin est marqué par une pente nulle, faible et douce en avale de bassin, et par des pentes modérées, fort et abruptes en amont.

Généralement on n’observe que les pentes douces et modérées qui dominent.

X

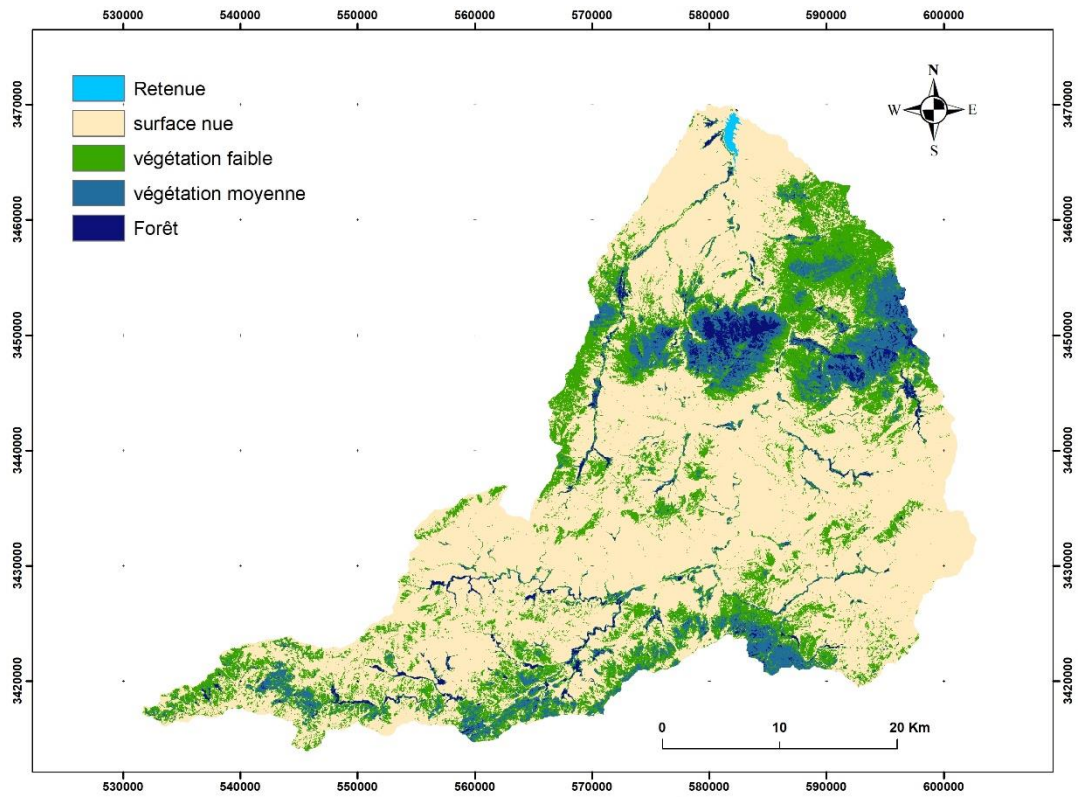


Figure 11 : Carte de couverture végétale de bassin N'Fis (1984)

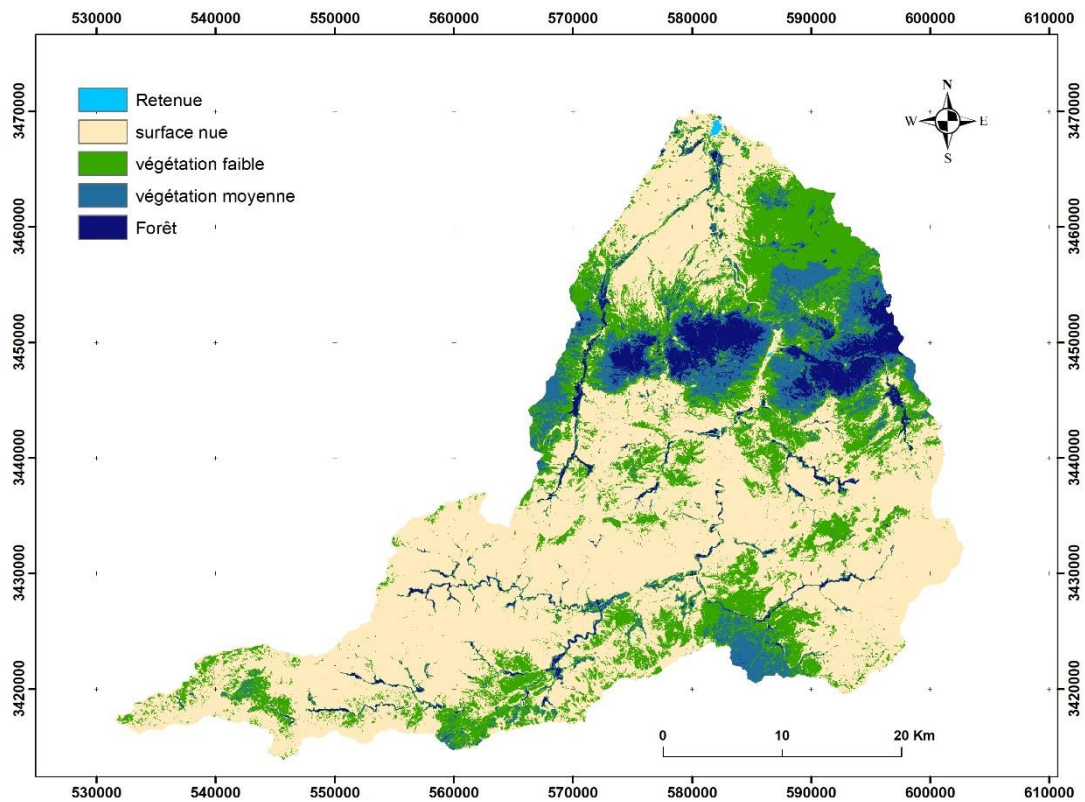


Figure 12 : Carte de couverture végétale de bassin N'Fis (2020)

A Partir de première observation des deux cartes de NDVI on observe que la surface des zones sans végétation diminue à partir de 1984 jusqu'à 2020, et aussi on observe une augmentation des surfaces des végétations faible, moyen et la forêt.

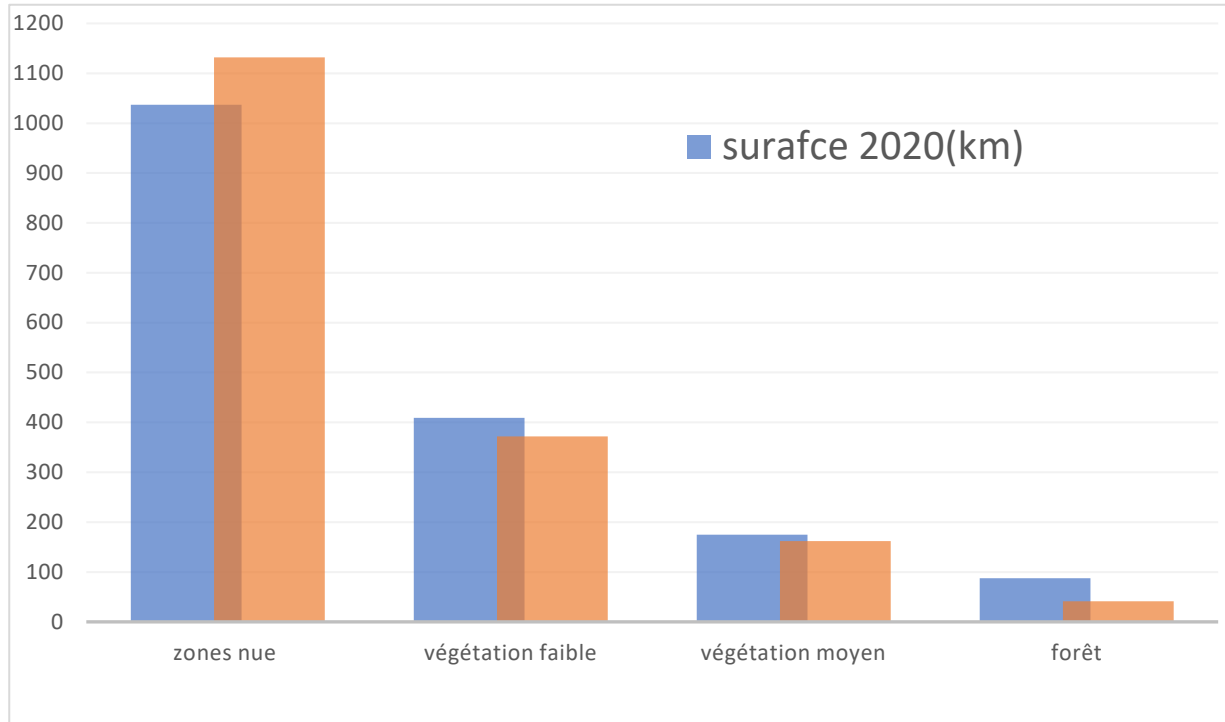


Figure 13 : : La variation de couverture végétale de bassin N'FIS (1984-2020)

La surface du recouvrement est calculée par la formule suivante : $\frac{\text{la somme des pixels}}{30 \times 30}$

Par le calcul des surfaces des cartes des figures (11, 12) par ArcGIS on peut extraire l'historique de la figure (13) et le tableau (3).

VALUE	Surface 2020	Surface 1984	Surface 2020(km²)	Surface 1984(km²)	Évolution de la surface (km²)	Surface 2020 (%)	1984%
Retenue	1066500	2897100	1.0665	2.8971	-1.8306	0.062372853	0.169433091
Surface nue	1036953000	1132228800	1036.953	1132.2288	-95.2758	60.64483529	66.21691541
Végétation faible	409405500	371937600	409.4055	371.9376	37.4679	23.94354336	21.7522824
Végétation moyenne	175013100	161716500	175.0131	161.7165	13.2966	10.23541146	9.457777263
Foret	87440400	41098500	87.4404	41.0985	46.3419	5.113837036	2.403591834

Tableau 3 : Statistique de la variation de la surface de la couverture végétale du bassin de N'FIS

L'analyse visuelle des images obtenues permet de remarquer une augmentation de la surface des forêts, Végétation faible, végétation moyenne et une diminution de la zone sans végétation (nue).

A partir de tableau (3) on peut conclure que la surface des zones sans végétation et diminue de 1984 jusqu'à 2020 et que 95 Km² des zones sans végétation sont utilisés pendant cette période pour la végétation «la forêt, l'agriculture ». On peut noter aussi une augmentation des surfaces de végétation 'faible', 'moyen' et 'les forêts' « une augmentation à l'ordre de 37,46 Km² pour la surface des zones de végétation faible, 13,29 Km² de surface des zones de végétation moyen et 41,09 Km² pour la forêt.

Donc on peut conclure que la surface de couverture végétales du bassin de N'fis a augmenté pendant cette période.

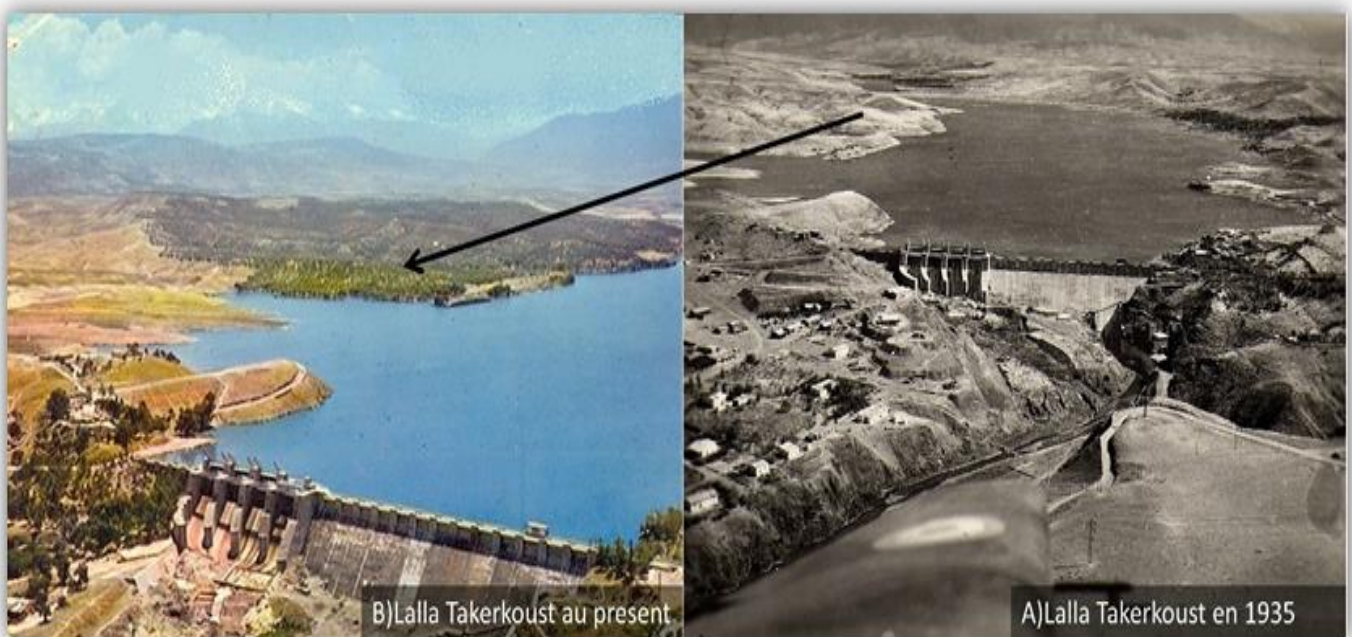


Photo 4 : Photos du barrage Lalla Takerkoust en 1935 et au présent

Les deux photos du barrage Lalla Takerkoust montrent changement énorme de la couverture végétale au voisinage du barrage

On observe aussi la variation de couverture végétale par la carte d'occupation de sol du 1992 jusqu'à 2015

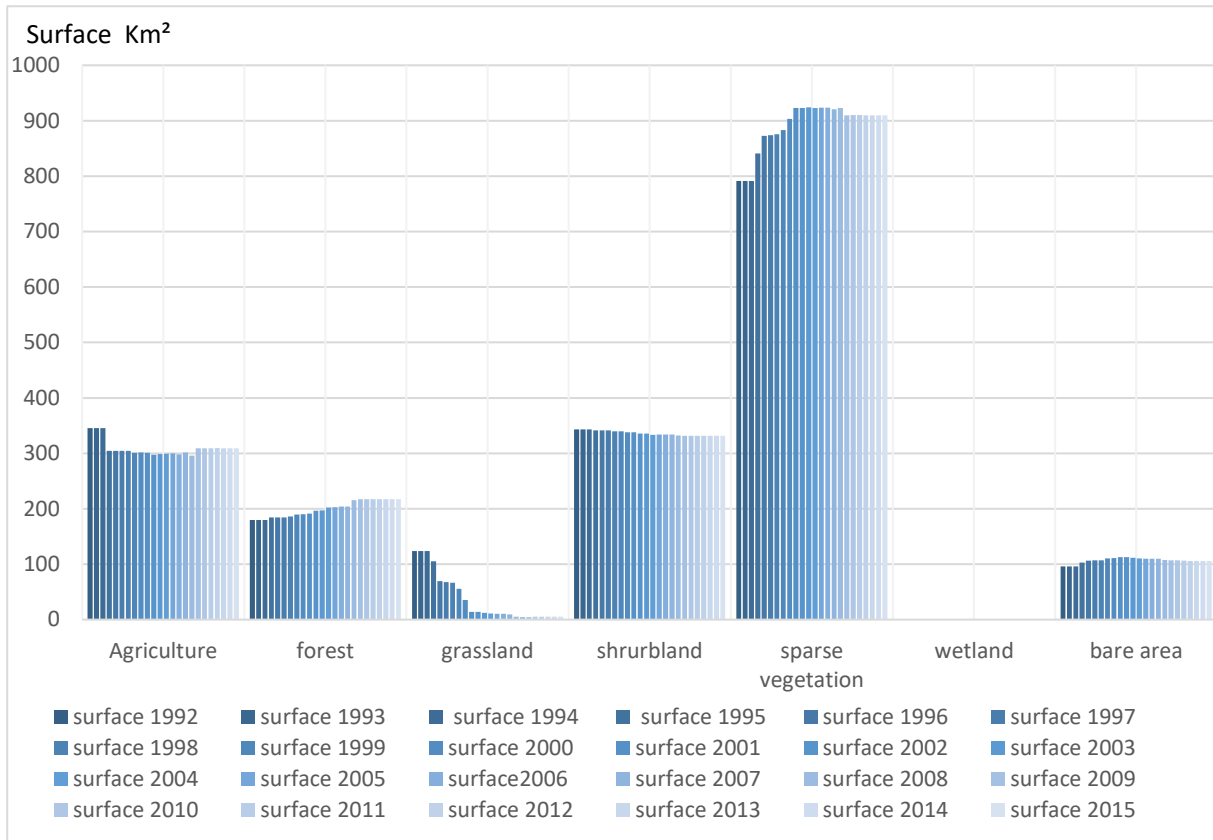


Figure 14 : Les variations temporelles d'occupation du sol dans le bassin N'FIS.

Par calcul des surfaces des cartes d'occupation du sol par ArcGIS on peut extraire l'historique de la figure (14).

La figure (14) représente un histogramme montrant les variations de la surface des différents types de couverture végétale de 1994 jusqu'à 2015.

On peut observer clairement une l'augmentation de la surface de la forêt et de la végétation épars.

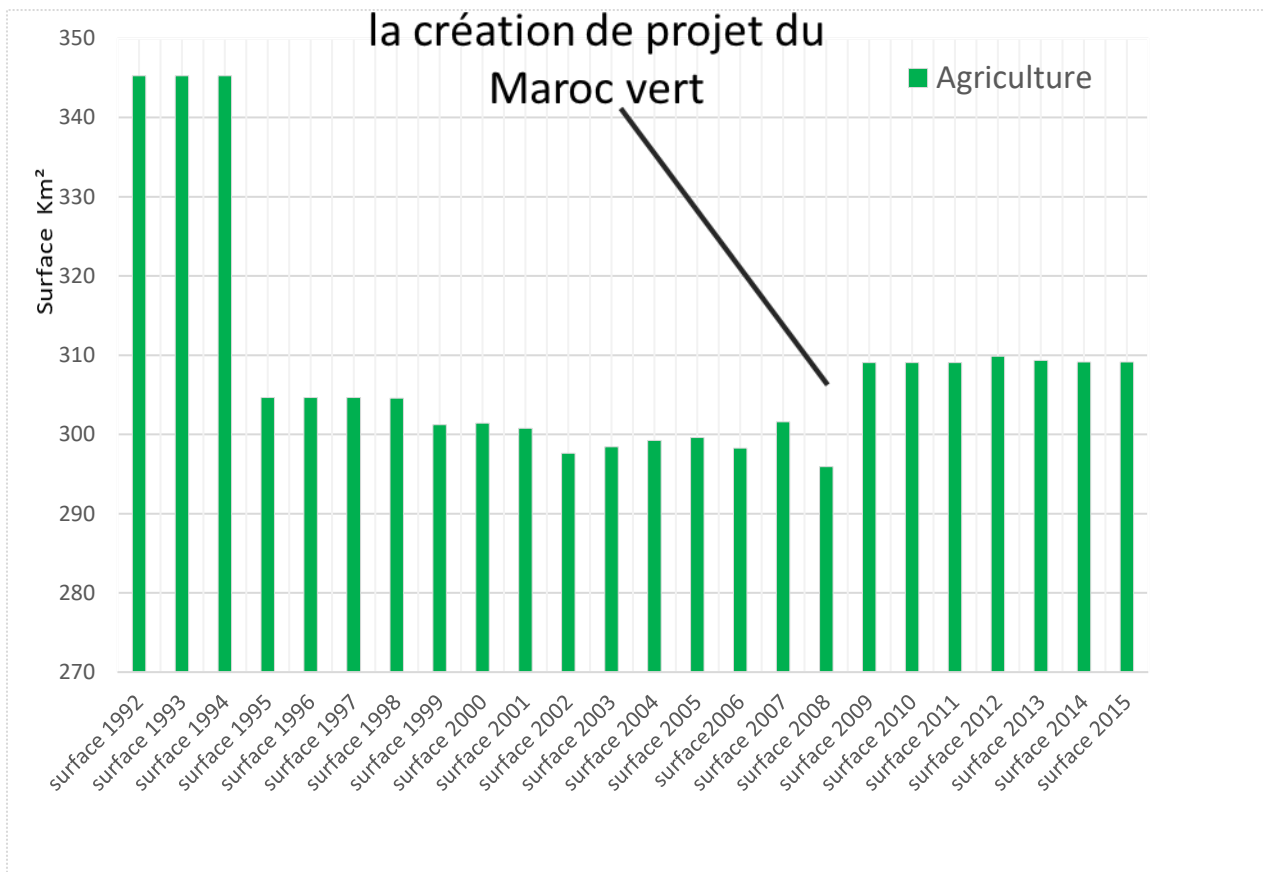


Figure 15 : La variation des surfaces agricoles du bassin versant de N’Fis

Les résultats de l’analyse de La variation des surfaces agricoles montrent une réduction de cette dernière à partir de 1994 jusqu’à 2008, conformément à la création de projet du Maroc vert en 2008, les surfaces agricoles ont été noté une augmentation importante.

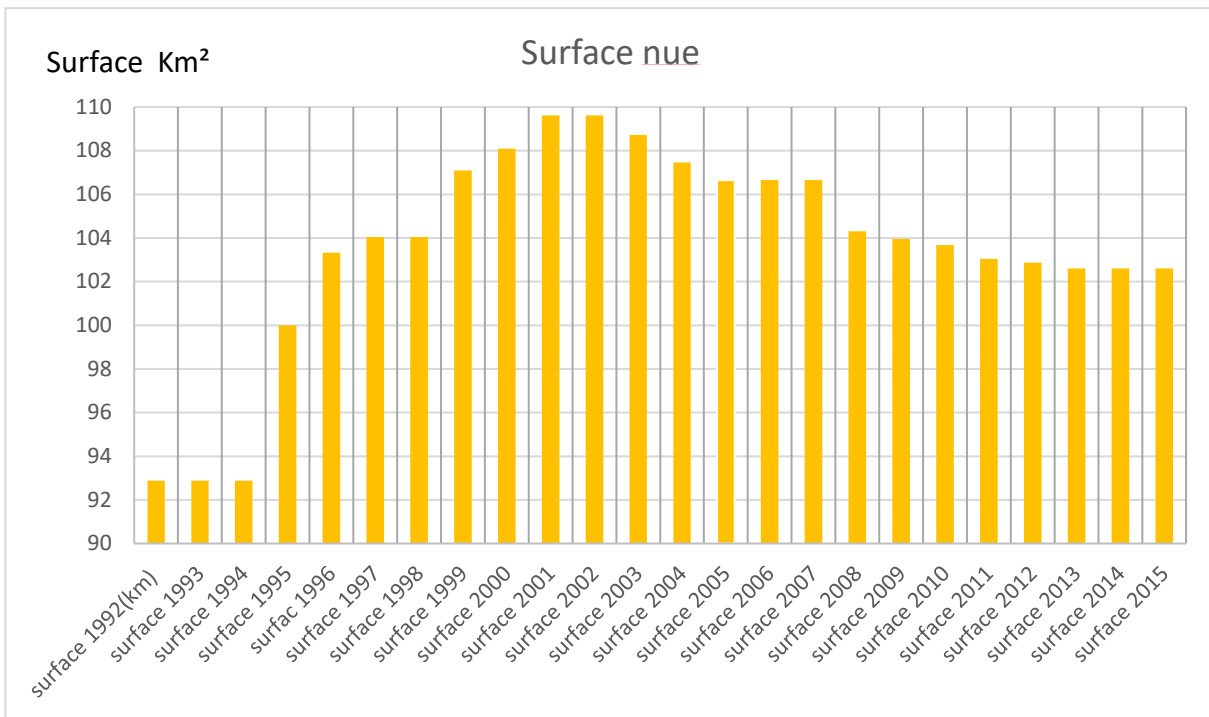


Figure 16 : La variation des surfaces nue du bassin versant de N’Fis

La figure 16 représente la variation des surfaces nue en fonction de temps. Ce paramètre a été significativement augmenté de 1994 à 2002. Après 2002, les surfaces nue commencent à diminuer d’une manière progressive.

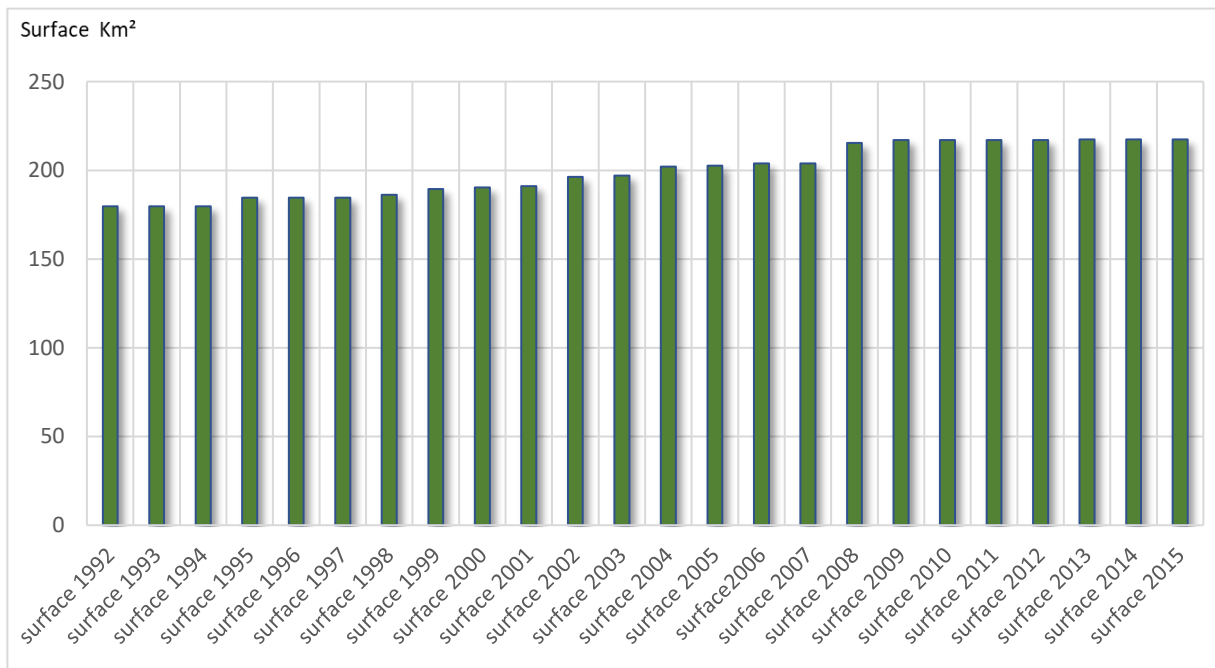


Figure 17 : La variation de la superficie de la forêt du bassin de N’fis.

Le calcul de NDVI entre 1992 et 2015 a permis de suivre les variations de la surface de la forêt. Cette dernière qui évolue positivement, de 179,73 Km² en 1992 à 217,44 Km en 2015.

On observe aussi les changements l'indice de NDVI de 1999 jusqu'à 2020

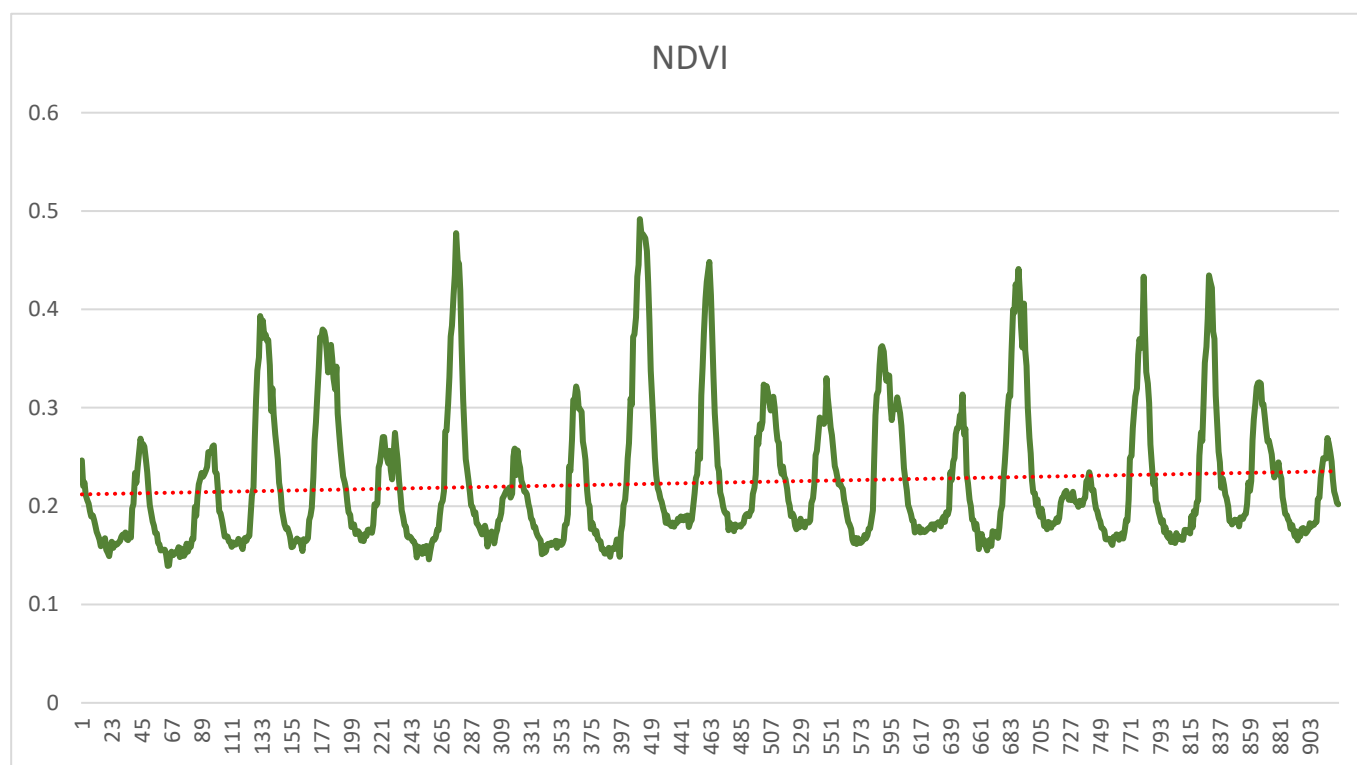


Figure 18 : La variation de NDVI (Modis) (1999-2020) du bassin de N'Fis

Les données de NDVI extraites à partir du capteur Modis (2000-2020), ayant une résolution spatiale de 250 mètres, et une résolution temporelle de 7 jours.

Ce diagramme en zigzag représente les variations de l'indice de végétation (NDVI), la valeur maximale de NDVI est 0,491 et la valeur minimale est 0,139 de 1999 jusqu'à 2021. Les valeurs de NDVI montrent une tendance croissante.

Pour l'axe des ordonnées chaque unité représente la durée d'une semaine, par exemple l'unité 1 c'est la semaine du 26-février, la valeur de NDVI d'unité 1 est le moyen de NDVI pendant cette semaine

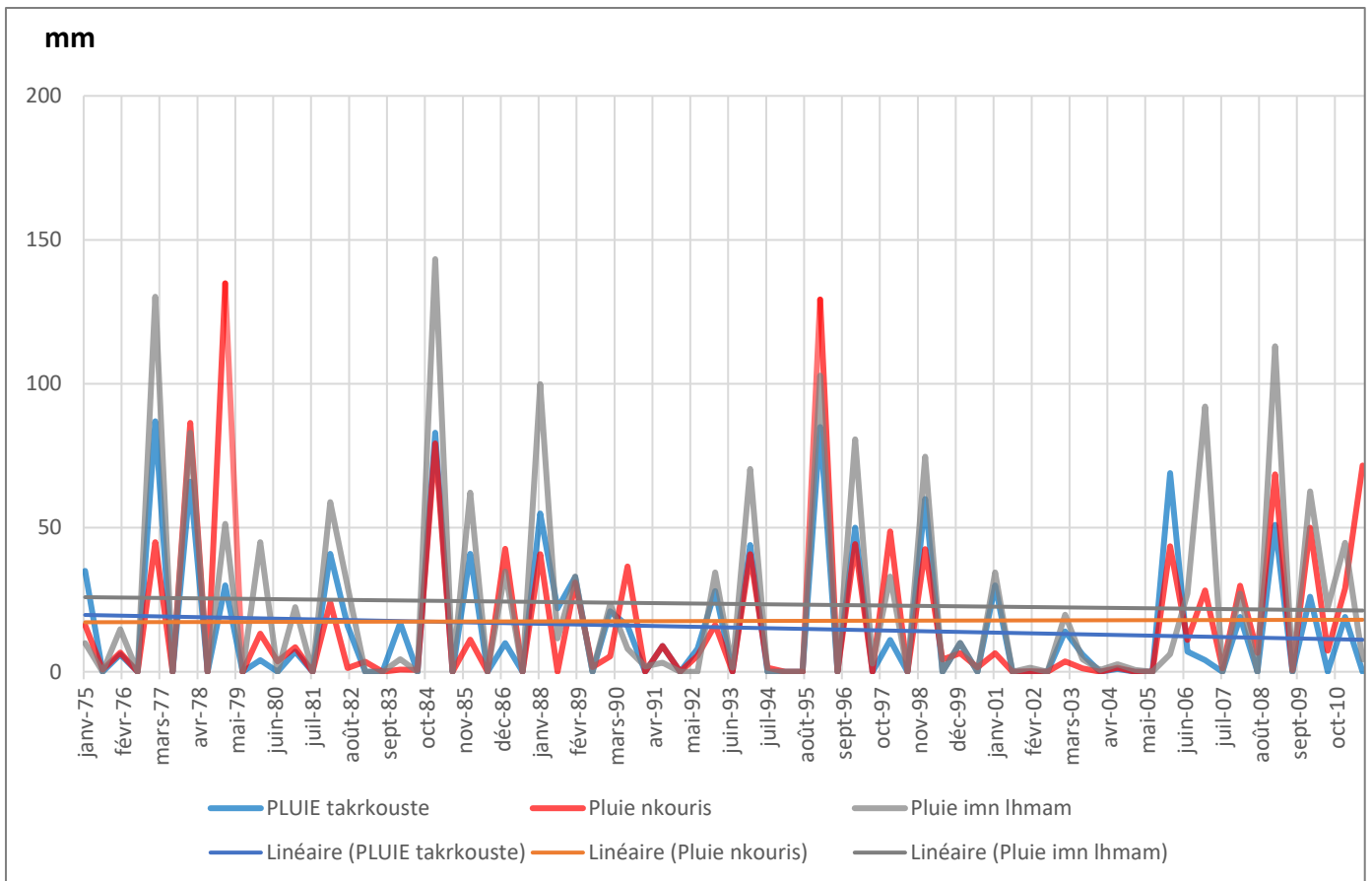


Figure 19 : Les précipitations des mois janvier et juillet du bassin N’FIS (1975-2010)

La tendance de précipitation de bassin N’fis est décroissante à constante du janvier 1999 jusqu’à janvier 2010. Donc la précipitation n’est pas un facteur limitant qui contrôle cette augmentation de la surface de couverture végétale.

On peut constater alors que la précipitation et la couverture végétale varient dans le sens inverse.

La tendance de précipitation du 1975 jusqu’à 2010 est décroissante à constante et la surface de couverture végétale a augmenté de 1984 jusqu’à 2020 et la tendance de NDVI est croissante du 1999 jusqu’à 2021, la seule explication de ces résultats est que le gouvernement marocain a adopté une politique d’augmentation de couverture végétale (l’agriculture, le reboisement et surtout la forêt , Ce programme a débuté par la création de ORMVAH (Office Régional de Développement Agricole du Haouz), suivi de la stratégie nationale de l’eau de construction de barrages en 1967, et se terminant par le plan du Maroc Vert « Plan Maroc Vert » en 2008 .

Les photos ce dessous sont des exemples des forêts artificiel construire par le gouvernement marocain :

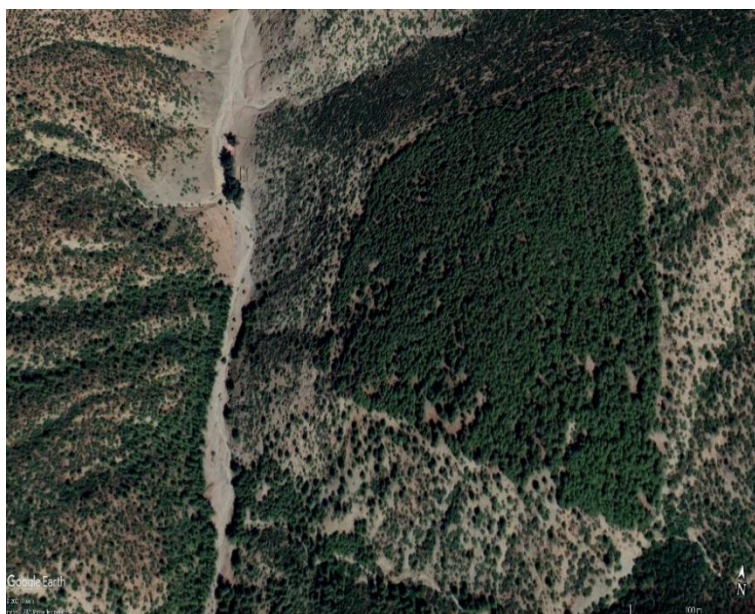


Photo 5 : image par google earth d'une forêt artificielle à côté de Tafeghaghte

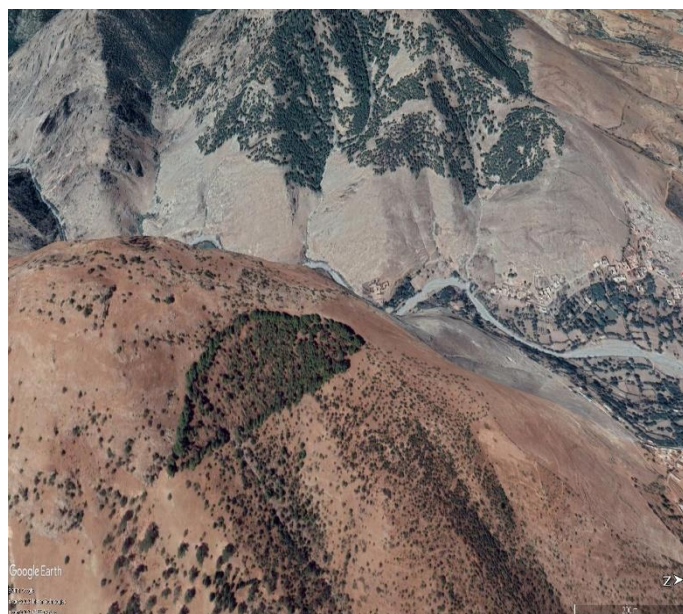


Photo 6 : image par google earth d'une forêt artificielle à côté de Azrou oudaka.

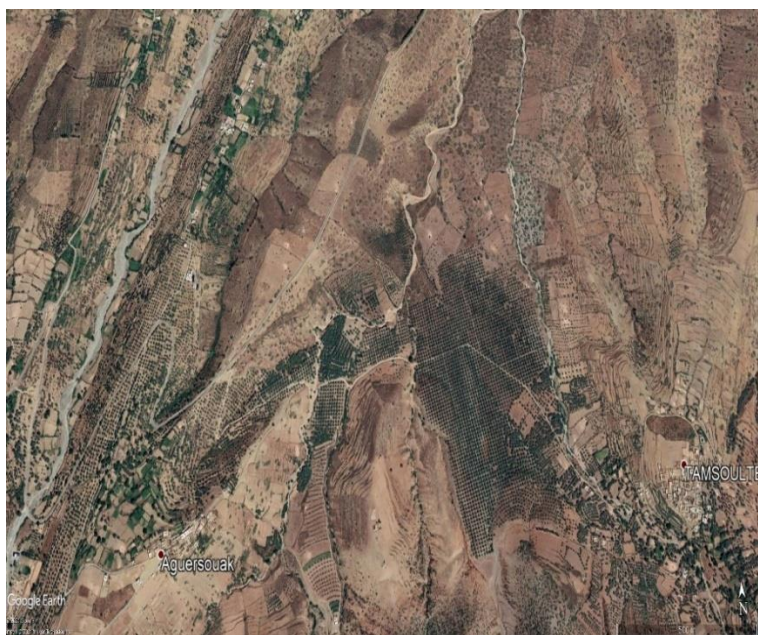


Photo 7 : image par google earth d'une forêt artificielle entre les deux villages Aguersouak et

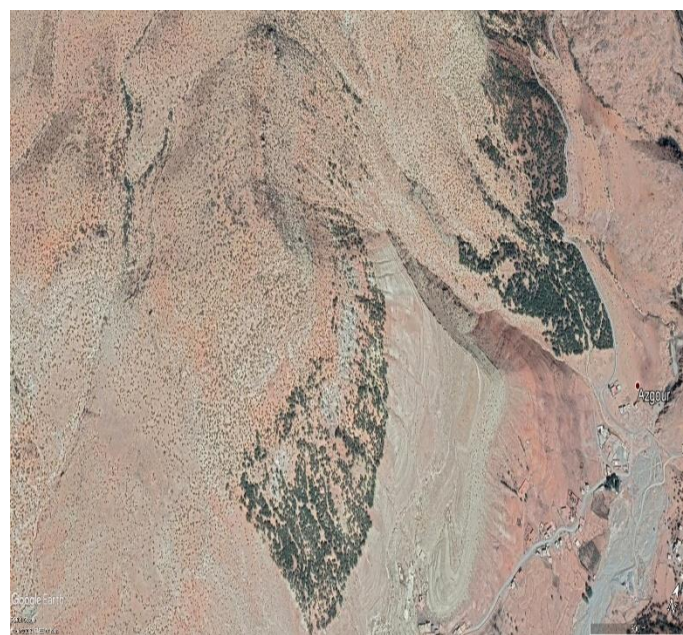


Photo 8 : image par google earth d'une forêt artificielle à côté d'Azgour

Conclusion

Dans ce travail de mémoire de fin d'étude, nous avons essayé de mettre en pratique les connaissances acquises durant nos études universitaires et cela dans le but de réaliser une application de la télédétection pour suivre l'évolution de couverture végétale du bassin N'Fis, car il joue un rôle très important dans la protection de sol contre l'érosion.

Pour connaître l'évolution de la couverture végétale on utilise deux images satellitaires. La première image de 1984 {Landsat 5} et la deuxième image de 2020 {Landsat 8}. Après on calcule l'indice de végétation NDVI après on fait une classification et traitement par ArcGIS. La comparaison des cartes d'occupation du sol obtenues et le calcul de la surface de la couverture végétale permet de conclure cette dernière est augmentée durant la période étudiée entre 1984 et 2020.

On observe aussi que les précipitations de bassin N'Fis sont constantes entre 1975 et 2011, donc les précipitations ne sont pas un facteur actif qui contrôle l'augmentation de la surface de la couverture végétale.

L'augmentation de la surface de la couverture végétale dans bassin N'fis pourrait être expliquée par l'augmentation de la surface des forêts artificielles installées à plusieurs endroits sur les versant humides du bassin de N'Fis.

Référence

ABHT : Oued N'fis, station d'Imin El Hammam, N° IRE 1566/53, rapport interne. Marrakech.

Abou-Elaaz, K., & Maïmouna, I. (2006). Le bassin versant du N'Fis (Haut Atlas de Marrakech) Situation hydro-pluviométrique et bilans hydrologiques.

AHT GROUP., AG. RESING.2016. Elaboration de la convention GIRE de bassin de Haouz-Mjjate. In : Diagnostique du bassin globale version finale. 317-319.

Ait Slimane, A., (2005), Elaboration d'un S.I.G en vue d'évaluer l'impact des variations climatiques sur les ressources en eau au niveau du bassin versant Ksob- région d'Essaouira, DESA Univ. Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc, 63p.

Agence de Bassin Hydraulique du Tensift (ABHT) au titre de l'année 2006.

Agence du Bassin Hydraulique du Tensift, (2003), Rapport de synthèse sur le bassin du Haouz, 121p.

BOUSSON E. (2003). Gestion forestière intégrée. Approche basée sur l'analyse multicritère. Gembloux : Presses agronomiques de Gembloux, 303p.

Hanich, L., Simoneaux, V., Boulet, G., Chehbouni, A.G., (2006), Hydrologie des bassins versants du Haut Atlas marocain. Programme d'Action Intégrée Volubilis (Gestion durable des ressources en eau dans le bassin versant de Tensift (région de Marrakech, n°MA/148/06)), 14p.

Gourfi, A., Daoudi, L.,2019. Effects of Land Use Changes on Soil Erosion and Sedimentation of Dams in Semi-Arid Regions : Example of N'Fis Watershed in Western High Atlas, Morocco. Journal of Earth Science & Climatic Change.10 : 5.

LEJEUNE P., RONDEUX J. (1999). Les nouveaux outils de l'aménagement forestier : l'exemple de systèmes d'information géographique. Revue forestière française, 169-183p.

Mouchkane, M., (1983), Contribution à l'étude des réservoirs aquifères profonds de la bordure nord de l'Atlas entre Demnat et Imntanout (Maroc). Th. Doct. 3ème cycle, Univ. Franche- Comté, 119p.

Soulaimani, A., (1991), L'évolution structurale des massifs hercyniens du Haouz de Marrakech, Guemassa- N'FIS (Maroc). Th. Doct. Univ. Cadi Ayyad Marrakech, Maroc, 42p.

<https://pekko.geog.umd.edu/usda/test/index.php>

www.researchgate.net/publication/309741762

<https://desktop.arcgis.com/fr/arcmap/10.3/manage-data/raste>

[HTTPS://WWW.RNCAN.GC.CA](https://www.rncan.gc.ca)

<https://www.smica.fr/fr/metiers-services/information-geographique>