

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة ابن خلدون – تيارت –

Université Ibn Khaldoun – Tiaret –



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Nutrition et Technologie Agro-Alimentaire

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : Master Professionnel

Spécialité : Agriculture de Précision

Thème

Cartographie des aptitudes agricoles dans la région de Tiaret par télédétection et apprentissage automatique

Soutenu publiquement, le : 25-06-2023

Jury de soutenance :

Présenté par :

Président : Pr Maatoug Mohamed

Belfali Manel Dalila

Examineur : Dr Azzaoui Mohamed

Cherik Bouchra Kheira

Encadrant : Dr Bouacha Mohamed Islem

Année universitaire 2022-2023



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



New Curricula in Precision Agriculture using GIS technologies and sensing data
(CUPAGIS)

Erasmus + 597962-EPP-1-2018-1-EE-EPPKA2-CBHE-JP

Remerciements

Nous sommes profondément reconnaissants envers Allah, le Tout-Puissant, qui nous a guidés tout au long de notre vie, nous donnant le courage, la volonté et la patience nécessaires pour surmonter les moments difficiles et nous permettant ainsi de mener à bien ce travail que nous vous présentons aujourd'hui.

Nous adressons également notre salutation respectueuse au premier éducateur, notre prophète Mohamed.

Ce mémoire nous donne l'opportunité de remercier toutes les personnes qui ont contribué à notre réussite.

Nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude envers nos parents, frères, sœurs, amis et compagnons pour leur soutien moral, Leur aide, leurs conseils et leurs encouragements ont été d'une valeur inestimable, et nous leur sommes extrêmement reconnaissants.

Ce travail est le fruit de sacrifices, de volonté et de patience. Il n'aurait pu être réalisé sans l'intervention de nombreuses personnes, à qui nous tenons à exprimer notre reconnaissance.

*Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude à **Monsieur Bouacha Mohamed Islam**, qui a suggéré le sujet de cette mémoire. Nous le remercions chaleureusement pour les connaissances qu'il nous a transmises, ainsi que pour toutes les discussions et suggestions qui ont enrichi les différentes étapes de ce travail. Sa présence à nos côtés à tout moment et sa disponibilité constante pour nous soutenir avec ses précieuses connaissances et conseils ont été d'une importance capitale. Son rôle de superviseur de notre mission a été parfaitement rempli. Nous vous sommes reconnaissants pour votre soutien indispensable, votre disponibilité, votre aide précieuse et vos nombreux conseils qui ont grandement facilité notre travail. Grâce à vos conseils, vous êtes les principaux architectes du*

succès de ce travail. Grâce à vous, cette expérience nous a apporté de précieuses connaissances, tant sur le plan scientifique que sur le plan humain, qui ont été uniques, variées et enrichissantes.

*De plus, nous tenons à exprimer notre gratitude envers **Monsieur Mohamed Maatoug**, Professeur à l'Université de Tiaret, qui a accepté d'être le président du jury de notre mémoire. Nous sommes extrêmement honorés que Messieurs le Docteur **Azzaoui Mohamed** aient également accepté de faire partie de notre jury et d'avoir consacré une partie de leur précieux temps à lire, examiner et évaluer notre travail. Nous tenons à vous exprimer nos sincères remerciements pour avoir partagé vos connaissances, que vous savez si bien transmettre.*

*Nous exprimons également notre gratitude envers **Mme Rezzoug Wafaa** pour son soutien à cette étape. Nous la remercions pour tous les moments de bienveillance, d'orientation et de conseils précieux. Elle a été une figure maternelle pour nous.*

*Nous tenons également à remercier les membres de **la direction de service agricole de Tiaret** et aussi Les membres de **Conservation de forêt de la wilaya de Tiaret**.*

À toutes les personnes ayant collaboré à la réalisation de ce travail, nous exprimons notre profonde gratitude. Enfin, nous remercions l'ensemble de nos collègues et amis pour leur soutien moral.

*Et à tous ceux qui aiment l'agriculture et « **Monsieur Bouacha** », nous adressons nos remerciements les plus sincères*



Dédicace

Avant tout, nous exprimons notre gratitude envers Allah le Tout-Puissant pour nous avoir accordé la force, la santé, la patience et la volonté de mener à bien ce modeste travail.

Je dédie ce travail à celle qui m'a donné sans rien attendre en retour : ma mère. Depuis ma naissance, elle n'a cessé de me prodiguer de précieux conseils et, sans aucun doute, grâce à leur encouragement et leurs prières dans les moments les plus difficiles de ma scolarité.

Je remercie également mon père qui a sacrifié sa vie pour que je réussisse.

À mes chers frères, Nour eddine, Abdelkader et Islem, qui ont toujours été présents dans les moments importants de ma scolarité. Je leur suis très reconnaissant pour leur soutien moral et leurs encouragements.

À mes chères sœurs Fatima et Zahra, ainsi qu'à ma tante Fatiha et Nabila, vos contributions sont inestimables.

*Je tiens à exprimer ma reconnaissance à mon binôme **Cherik Bouchra Kheira** pour les meilleurs moments de réalisation de ce travail.*

À mes chers anges Roeya, Abd Elnoure, Fethi, Yousef, Housseem, Rachid, Djamel, la petite Manel, Aicha et Rihab.

Ainsi qu'à la famille Belfali et la famille Boudjadour, vous avez tous joué un rôle important.

À mes meilleurs amis, Ahlem, Said, Imene, Hakim, Amine, Brahim.

Et à tous mes collègues de la promotion Agriculture de Précision (2022/2023),

Belfali Dalila Manel....



Dédicace

Grace à Allah tout puissant et en signe de reconnaissance à tous les sacrifices consentis pour ma réussite et la volonté pour mener à bien ce modeste travail.

*Je dédie ce travail à ma très chère mère **Nabila**, une femme affable, honorable et aimable. Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement. Tu n'as jamais cessé de m'encourager et de prier pour moi.*

Tes prières et ta bénédiction ont été d'un grand secours pour la réussite de mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer à quel point tu mérites tous les sacrifices que tu as faits pour moi depuis ma naissance, pendant mon enfance et même à l'âge adulte.

Tu as fait bien plus que ce qu'une mère peut faire pour guider ses enfants sur le bon chemin dans leur vie et leurs études. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Que Dieu, le Tout-Puissant, te préserve et t'accorde santé, longue vie et bonheur.

*Je dédie également ce travail à mon très cher père, **Aissa**.*

Aucune dédicace ne saurait véritablement exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Vos efforts inlassables, jour et nuit, pour mon éducation et mon bien-être, n'ont pas de prix dans ce monde.

Vous avez été un pilier solide dans ma vie, me guidant avec sagesse, soutenant mes rêves et me montrant l'exemple de la persévérance. Votre présence et votre soutien indéfectibles ont été une source d'inspiration inépuisable.

Je suis profondément reconnaissant pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour moi. Votre amour inconditionnel et votre engagement à me voir réussir restent gravés dans mon cœur.

Cette dédicace témoigne de mon admiration sans limites et de ma gratitude éternelle envers vous. Que votre chemin soit toujours empli de joie, de paix, de bonheur et santé.

*À mes adorables sœurs **Alaa et Hiba***

*À mes chers frères **Mohamed et Rafik***

*À mon binôme **Belfali Manel Dalila** pour les meilleurs moments de réalisation de ce travail*

*À mes Chères amis **Rachida, Sarah et Nour-sin***

*À la famille **Cherik et Belkaim***

*Et à tous mes collègues de la promotion **Agriculture de Précision (2022/2023)***

Cherik Bouchra Kheira.....

Liste Des Abréviations :

- **ADE** : Algérienne Des Eaux.
- **AEP** : Alimentation en Eau Potable.
- **ANN** : Agence Nationale de la Nature.
- **ARMS** : Agricultural Resource Management Survey (Enquête sur la gestion des ressources agricoles).
- **BNEDER** : Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural.
- **BV** : Bassin Versant.
- **CCT** : Centre Canadien de Télédétection.
- **CFT** : Conservation des Forêts de Tiaret.
- **CGD** : Commissariat Générale au Développement durable.
- **CNIG** : Conseil National de L'Information Géographique.
- **CNCC** : Centre National de Control et Certification.
- **COS** : Carte d'Occupation du Sol.
- **COI** : Conseil Oléicole International.
- **CPCS** : Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols.
- **DREW** : Direction des Ressources en Eau de la Wilaya.
- **DSA** : Direction des Services Agricole.
- **EPRS** : Service de Recherche du Parlement Européen.
- **ESA** : Agence Spatiale Européenne (European Space Agency).
- **ESRI** : Environmental System Research Institut.
- **FAO** : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'agriculture (Food and Agriculture Organisation).
- **FAOSTAT** : Base de données de la FAO sur les statistiques agricoles (FAO agricultural Statistics data base).
- **FIDA** : Fonds International de Développement Agricole.
- **FIES** : Échelle de l'expérience de l'insécurité alimentaire (Food Insecurity Experience Scale).

- **FMI : Fonds Monétaire International.**
- **GEE : Google Earth Engine.**
- **GPS : Système de positionnement global (Global Positioning System).**
- **IG : Information Géographique.**
- **ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures.**
- **ITCMI : Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles.**
- **LANDSAT: Land Remote Sensing Satellite.**
- **LULC : Utilisation des terres et couverture des terres (Land Use and Land Cover).**
- **MADR : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.**
- **MEC : Ministère de l'Éducation et de la Culture.**
- **METEOSAT : Satellite Météorologique.**
- **MNT : Modèle Numérique de Terrain.**
- **NDMI : Indice de l'eau par Différence Normalisée (Normalized Difference Moisture Index).**
- **NDVI : Indice de végétation par différence normalisée (Normalized Difference Vegetation Index).**
- **NDWI: Indice d'humidité des sols (Normalized Difference Water Index).**
- **OADA : Office Algérien de Développement de l'Agriculture.**
- **OGM : Produit Génétiquement Modifier.**
- **PAC : Pacages et parcours.**
- **PAM : Programme Alimentaire Mondial.**
- **PDSI : Indice de Sécheresse de Palmer (Palmer Drought Severity Index).**
- **PH : Potentiel Hydrogène.**
- **PIB : Produit Intérieur Brut.**
- **PNDA : Politique de Développement Agricole Durable.**
- **QGIS : Quantum Geographic Information System.**
- **REM : Rayonnement Électromagnétiques.**
- **RGA : Recensement de l'Agriculture.**
- **S.A.T : Superficie Agricole Totale.**

- **S.A.U** : Superficie Agricole Utile.
- **SBV** : Sous Bassin Versant.
- **SCA** : Score de Consommation Alimentaire.
- **SEE** : Spatial Enterprise Engine.
- **SIG** : Systèmes d'Information Géographique.
- **SPOT** : Satellite Pour l'Observation de la Terre.
- **STOA**: Scientific and Technological Options Assessment.
- **SVM** : Machine à Vecteurs de Support (Support Vector Machine).
- **TCI** : Temperature Condition Index.
- **TI** : Terres Improductives.
- **TICAP** : Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Agriculture de Précision.
- **TM** : Thematic Mapper.
- **UNFCCC** : Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques.
- **UNICEF** : Fonds des Nations Unies pour l'Enfance.
- **USDA** : ministère de l'Agriculture des États-Unis (United States Department of Agriculture).
- **UTM** : Système de coordonnées universel transverse de Mercator (Universal Transverse Mercator).
- **UVED** : Université Virtuelle Environnement et Développement Durable.
- **VCI** : Vegetation Condition Index.
- **VHI** : Vegetation Health Index.
- **WB**: World Bank (Banque Mondiale).
- **WGS 84** : World Geodetic System 1984.
- **WTGROWS** : Programme mondial de surveillance de la Terre (Worldwide Tracking of Growing Conditions).

Les Symboles :

- **%** : Pourcentage.
- **C°** : Degré Celsius.
- **Cm** : Centimètre.
- **Fig.** : Figure.
- **Ha** : Hectare.
- **Irri** : Irrigation.
- **K** : Kelvin.
- **Km** : Kilomètre.
- **NIR** : Near Infra Rouge.
- **P** : Précipitation.
- **PMA** : Précipitation Moyenne Annuelle.
- **PMM** : Précipitation Moyenne Mensuelle.
- **Q2** : Quotient pluviothermique.
- **Qx** : Quintaux.
- **R** : Red.
- **T** : Température.
- **TM** : Température moyenne Maximale du mois le plus chaud.
- **Tm** : Température moyenne Minimale du mois le plus Froid.
- **TMA** : Température Moyenne Annuelle.
- **TMM** : Température Moyenne Mensuelle.

Liste de figures :

- **Fig. n° (01) :** Répartition des terres agricoles (MADR 2019). 4
- **Fig. n° (2) :** Localisation des aires de production des céréales en Algérie (F. Boufenar-Zaghouane et O. Zaghouane 2006). 5
- **Fig. n° (03) :** Histogramme de production, superficies, rendement des céréales d'hiver des années 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 (MADR 2016,2017,2019).6
- **Fig. n° (04) :** Histogramme de production, superficie, rendement des cultures industrielles des années 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 (MADR 2016.2017.2019).8
- **Fig. n° (05) :** les principales productions maraichères en % (MADR Série B 2000 in (N. Sahali et al, 2021) 10
- **Fig. n° (06) :** Histogramme de production, superficies, rendement du maraichages années 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 (MADR 2016.2017.2019). 11
- **Fig. n° (08) :** Histogramme de production, superficies, rendement des dattes années 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 (MADR 2016.2017.2019). 16
- **Fig. n° (09) :** Histogramme de production, superficie, rendement des légumes secs années 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 (MADR 2016.2017.2019). 17
- **Fig. n° (9) :** Les Fonctions de L'agriculture de Précision (R. SADDEM 2019). 34
- **Fig. n° (10) :** Processus de Télédétection. (H. Chadli 2017).35
- **Fig. n° (11) :** Les étapes de Télédétection (A. HABBA et O. ISHAK 2019). 37
- **Fig. n° (12) :** Télédétection passive et active. (Abdelaziz HABBA et Omar ISHAK 2019). 38
- **Fig. n° (13) :** Plates formes (avion, satellite) (A. HABBA et O. ISHAK 2019).39
- **Fig. n° (14) :** Onde électromagnétique (CCT 2015).43
- **Fig. n° (15) :** Spectre électromagnétique (A. Moquet 2003).44
- **Fig. n° (16) :** Image satellitaire « Oran » (LANDSAT 5 -TM) (A. HABBA et O. ISHAK 2019).45
- **Fig. n° (17) :** Les Composantes d'un système d'information géographique (K. Torrin 2021).50
- **Fig. n° (18) :** Exemple du Rendements de blé simulés selon la grille par le modèle de simulation WTGROWS pour la saison 1996-97 dans l'Haryana (T. Setiyono, A. Nelson et F. Holecz 2014).55

- Fig. n° (19) : Exemple De La phénologie de la rizière pendant la saison des pluies de 2012 à Leyte, aux Philippines, déduite du produit SAR (T. Setiyono, et A. Nelson et F. Holecz 2014).....	56
- Fig. n° (20) : Utilisation des données satellitaires pour la surveillance des inondations (A. Yeshe et al., 2022).....	58
- Fig. n° (21) : Carte de la qualité climatique ; carte de la qualité de la végétation ; sensibilité environnementale ; classe de risque et facteur de contribution à la répartition spatiale du risque de désertification dans la région de la Basilicate, Italie du Sud (Lat. 40°6', Long. 16°6') (Of R 1994).	60
- Fig n° (22) : Carte de situation de La wilaya de - Tiaret -.....	64
- Fig. n° (23) : Les régions naturelles de la wilaya de Tiaret (M. Bouacha 2019).....	66
- Fig. n° (24) : Carte d'occupation du sol De Région de -TIARET- (M. Bouacha 2019).	70
- Fig. n° (25) : Les principaux types de sols de la région de Tiaret (Durand 1954) in (DJ. Miara 2011).	72
- Fig. n° (26) : Carte de Découpage des sous zones homogène dans la région de Tiaret (M. Bouacha 2019).....	75
- Fig. n° (27) : Carte des bassin et sous bassins versant (BV + SBV) dans la région de Tiaret (M. Bouacha 2019).....	77
- Fig. n° (28) : Carte de Lithologie et Réseau hydrographique dans la région de Tiaret (M. Bouacha 2019).....	79
- Fig. n° (29) : Carte des étages bioclimatiques de la région de Tiaret (M. Bouacha 2019)....	81
- Fig. n° (30) : Précipitations moyennes mensuelles durant la période1987-2022 (Master web 1).....	83
- Fig. n° (31) : Précipitations annuelles moyennes durant la période (1987-2022) (Master web 2).....	84
- Fig. n° (32) : Température Moyennes Mensuelles Durant La période1987-2022 (Master web 1).....	86
- Fig. n° (33) : La Température moyenne annuelle durant la période 1987-2022 (Master web 1).....	87
- Fig. n° (34) : Diagramme Ombrothermique de la région de Tiaret (1987-2022).....	89
- Fig. n° (35) : Climagramme d'Emberger de la région d'étude (Tiaret) 2022.	91
- Fig n° (36) : Interface de la plateforme (GEE) (Master Web 3).....	98
- Fig. n° (37) : Interface De Logiciel de QGIS	100

- Fig. n° (38) : Modes de données dans QGIS (M. Addala 2020).	101
- Fig. n° (39) : Format vectoriel : Points, lignes et polygones (M. Addala 2020)	102
- Fig. n° (40) : Exemple 2 d'un format raster MNT d'Algérie (M. Addala 2020).	104
- Fig. n° (41) : Principe de classification (A. HABBA et O. Ishak 2019).	105
- Fig. n° (42) : indice de végétation NDVI (CH. Brahim et M. Dali Yahia 2021).	109
- Fig. n° (43) : Approche méthodologique.....	127
- Fig. n° (45) : Carte de répartition de Blé dur dans la wilaya de Tiaret.....	129
- Fig. n° (46) : Carte de répartition de blé tendre dans la wilaya de Tiaret.....	130
- Fig. n° (47) : Carte de répartition d'orge dans la wilaya de Tiaret.....	131
- Fig. n° (48) : Carte de répartition des maraichères dans la wilaya de Tiaret.....	132
- Fig. n° (49) : Carte de répartition de la pomme de terre dans la wilaya de Tiaret.	133
- Fig. n° (50) : Carte de répartition d'ognion dans la wilaya de Tiaret.....	134
- Fig. n° (51) : Carte de répartition d'Arboriculture dans la wilaya de Tiaret.	135
- Fig. n° (52) : Carte de répartition d'Olivier dans la wilaya de Tiaret.....	136
- Fig. n° (53) : Carte de répartition du coing dans la wilaya de Tiaret.	137
- Fig. n° (54) : Carte de l'indice de végétation par différence normalisée NDVI.....	139
- Fig. n° (55) : carte de l'indice VCI (Vegetation condition index).....	141
- Fig. n° (56) : Carte de L'indice VHI (Vegetation Health Index).	145
- Fig. n° (57) : Les Valeurs de L'indice PDSI Pour Les Années (2018 à 2022).....	146
- Fig. n° (58) : Carte de L'indice de Sécheresse de Palmer pour une saison actuelle.....	148
- Fig. n° (59) : Carte des sols du périmètre de Adjermaia - Zmalet Emir Abdelkader – (BNEDER 2019).	151
- Fig. n° (62) : Carte des aptitudes culturales au niveau du périmètre de Ain Deheb (BNEDER 2019).	158
- Fig. n° (63) : Carte des sols du périmètre de Themed - sidi Abderrahmane -.....	160
- Fig. n° (64) : Carte des Aptitudes culturales au niveau de périmètre de Themed – sidi Abderrahmane -. (BNEDER 2019).	163
- Fig. n° (65) : Carte des aptitudes agricoles dans la région de Tiaret.	168

Liste des tableaux :

- **Tableau n° (01) :** Les principales variétés maraichères en 2000 (MADR, Série B 2000 in N. Sahali et al, 2021).....9
- **Tableau n° (02) :** Evolution des cultures maraichères en Algérie 2000-2019 (N. Sahali et al., 2021) la base des données du MADR, séries B, 2000-2019. 12
- **Tableau n° (03):** SAU utilisée pour la production des cultures maraichères par wilaya (S. Oumata et al., 2008). 13
- **Tableau n° (04) :** Conflits et chocs climatiques associés aux situations de crise alimentaire en 2016 (FAO 2017). 21
- **Tableau n° (5) :** Production alimentaire, exportations et importations alimentaires pour les années 1980-2008 (FAO 2008 in (R. Ghrab 2015). 24
- **Tableau n° (6) :** Les Domaines D’application des SIG (M. Kalla 2021) : 51
- **Tableau n° (7) :** Quelques logiciels des SIG (Y. Kouba 2018). 52
- **Tableau n° (8) :** Répartition et occupation des terres dans la région de Tiaret (DSA 2013). 67
- **Tableau n° (9) :** Répartition des cultures dans la région de Tiaret (DSA 2013)..... 67
- **Tableau n° (10) :** Répartition et occupation des terres dans la région de Tiaret (DSA 2022).
..... 68
- **Tableau n° (11) :** Découpage de la wilaya de Tiaret en zones et sous zones homogènes selon la Lithologie (BNEDER 2009)..... 73
- **Tableau n° (12) :** Les barrages en exploitation au niveau de la région de Tiaret (DREW 2015) in (H. Boulenouar 2016). 80
- **Tableau n° (13) :** Précipitations mensuelles moyennes année 2022 de Tiaret (Master web 1).
..... 82
- **Tableau n° (14) :** Température mensuelle moyenne en 2022 de Tiaret (Master web 1). 85
- **Tableau n° (15) :** Humidité mensuelle et annuelle moyenne dans la région de Tiaret en 2022 (Master web 1). 87
- **Tableau n° (16) :** Vitesse mensuelle moyenne du vent de la région de Tiaret 2022 (Master web 2)..... 88
- **Tableau n° (17) :** Situation bioclimatique de la région de Tiaret 90
- **Tableau n° (18) :** Exemple d’un capteur utilisé pour l’extraction des images satellitaires Sentinel-2 (master web 2) : 95
- **Tableau n° (19) :** les classifications de VCI : (Bhuyan et kogan 2010). 110

- Tableau n° (20) : les classifications de VHI (S. Djouane et A. Haggui 2015).	111
- Tableau n° (21) : Classification d’PDSI (B. Oualhi et I. Djaidja 2020).	112
- Tableau n° (22) : Les différents variétés du blé dur (ITGC 2019).	114
- Tableau n° (23) : Les différents variétés du blé tendre (ITGC 2019).	116
- Tableau n° (24) : Les différents variétés d’orge (ITGC 2019).	118
- Tableau n° (25) : les variétés de pomme de terre cultivés en Algérie (CNCC de Tiaret (2013) in H. Benouis et K. Derradji 2015).	120
- Tableau n° (26) : les exigences en température de l’oignon (K. Bouderba et H. Berrached 2020).	121
- Tableau n° (28) : Orientations variétales de l’olivier en Algérie (T. Lousser T et G. Brousse 1978) (MADR 2014).	124
- Tableau n° (29) : Aptitudes culturales en irrigué (BNEDER 2019).	152
- Tableau n° (30) : Aptitudes culturales par type du sol (BNEDER 2019).	157
- Tableau n° (31) : Aptitudes culturales par type du sol (BNEDER 2019).	161

Sommaire :

- *Remerciements*
- *Dédicace*
- *Liste des abréviations*
- *Liste des symboles*
- *Liste des figures*
- *Liste des tableaux*
- *Résumé*
- *Introduction générale.*
- *Chapitre I : Les Aspects du secteur agricole en Algérie.*
- *Chapitre II : Sécurité Alimentaire.*
- *Chapitre III : Agriculture de précision et télédétection.*
- *Chapitre IV : Présentation de la zone d'étude.*
- *Chapitre V : Matériels et méthodes.*
- *Chapitre VI : Résultats et discussion.*
- *Conclusion générale.*
- *Références bibliographiques.*

Table des Matières

Introduction générale	1
------------------------------------	----------

Partie I : Synthèse Bibliographique

Chapitre I : Les Aspects généraux du secteur agricole en Algérie.

I.1.Contexte générale :	3
I.2. Répartition générale des terres :	3
I.2.1. Superficie agricole totale (S.A.T)	3
I.2.1.1. Les pacages et les parcours	3
I.2.1.3 La Superficie agricole utilisée (S.A.U) :	3
I.2.2. Terres alfatières	4
I.2.3. Terres forestières	4
I.2.4. Terres improductives non affectées à l'agriculture	4
I.3.Le Secteur Agricole en Algérie :	4
I.3.1 La céréaliculture en Algérie	4
I.3.1.1 Les zones céréalières en Algérie :	5
I.3.1.2 Les contraintes de la céréaliculture en Algérie :	6
I.3.1.3. Les grandes zones agroclimatiques des céréales :	7
I.3.2 Les cultures industrielles :	7
I.3.3 Cultures maraîchères :	8
I.3.3.1 Evolution globale des indicateurs des cultures maraichères :	11
I.3.3.2 Principales zones des cultures maraîchères :	13
I.3.3.4 Utilisation des terres agricoles en culture maraîchère par wilaya :	13
I.3.4 Arboriculture :	14
I.3.4.1 Importance écologique et économique de l'arboriculture :	14
I.3.4.2 Évolution de la superficie et de la production des vergers arboricoles en Algérie	15
I.3.5 Les dattes :	15
I.3.6 Les légumes secs :	16

Chapitre II : La Sécurité Alimentaire.

II.1.Contexte générale :	18
II.2. Sécurité alimentaire :	18
II.2.1. Définition :	18

II.2.2. Dimensions principales de la sécurité alimentaire :.....	19
II.2.2.1. Disponibilités suffisantes des produits alimentaires	19
II.2.2.2. L'accessibilité aisée de la population aux approvisionnements alimentaires.....	19
II.2.2.3. L'utilisation biologique et rationnelle des aliments.....	19
II.2.2.4. La stabilité spatio-temporelle des approvisionnements alimentaires.....	19
II.2.3. Les principaux indices de mesures de la sécurité alimentaire	19
II.2.3.1. Les indices de fréquence et de diversité alimentaire	19
II.2.3.2. Les indices de Comportement alimentaire.....	19
II.2.4. Les Contraintes de La sécurité Alimentaire :.....	20
II.2.4.1. Contraintes environnementale :	20
II.2.4.2. Les contraintes démographiques.....	22
II.2.4.3. Les Contraintes économiques :	22
II.2.4.4. Les Contraintes Politiques :	23
II.3. Modèle de FIES développé par la FAO :	23
II.4. La sécurité Alimentaire en Algérie :.....	24
II.4.1. Évolution de la gouvernance de la sécurité alimentaire :	25
II.5. Développement Agricole Durable	27
II.5.1 Définition de développement agricole durable :.....	27
II.5.2 Les Objectifs de développement agricole	27
II.5.3 Les Politiques de développement agricole durable.....	27
II.5.3.1 Politique de soutien et de protection de l'agriculture	28
II.5.3.2 Politiques de gestion des ressources en eau	28
II.5.3.3 Politique des prix agricoles	28
II.5.3.4 Politique de crédit et d'investissement agricole	29
II.5.3.5 Politique de commercialisation agricole	29
II.5.3.6 Politique d'agriculture biologique	29
II.5.3.6.1. Méthodes d'agriculture biologique.....	29
II.5.3.7 Politique Biodiversité et Protection des Forêts :.....	29
II.5.3.8 La politique de valorisation du rôle des femmes dans la production agricole...	29
II.6. Conclusion :.....	30
<i>Chapitre III : Agriculture de précision et Télédétection.</i>	
III.1. Contexte générale :.....	31
III.2. Agriculture de précision :.....	31
III.2.1. Les Perspectives de L'agriculture de Précision :.....	32
III.2.2. Fonctions de l'agriculture de précision :	33

III.3. Les Nouvelles Technologies De L'agriculture de Précision :	34
III.3.1. La Télédétection :	34
III.3.1.1 Définition de la télédétection :	35
III.3.1.2. Les différentes étapes de la télédétection :	36
III.3.1.3. Les Types de La Télédétection :	37
III.3.1.3.1. La Télédétection Passive :	37
III.3.1.3.2. La Télédétection Active :	38
III.3.1.4. Les Plateformes :	39
III.3.1.5. Domaines de la Télédétection :	40
III.3.1.6. Les Principes de la Télédétection :	43
III.3.1.6.1. Le Rayonnement électromagnétique :	43
III.3.1.6.2. La photo-interprétation :	44
III.3.1.6.3. Imagerie Satellitaire :	45
III.3.1.7. Apport de la télédétection :	45
III.3.2. Le Système d'information géographique :	46
III.3.2.1. Notions générale :	46
III.3.2.2. L'information géographique (IG) :	46
III.3.2.3. Définition d'un système d'information géographique :	47
III.3.2.4. Les Avantages des SIG :	47
III.3.2.5. Les Contraintes des SIG :	48
III.3.2.6. Les Composantes d'un SIG :	48
III.3.2.6.1. Les Matériels Informatiques	49
III.3.2.6.2. Logiciels (logiciel)	49
III.3.2.6.3. Données (Informations Géographiques)	49
III.3.2.6.4. Personnel formé (les utilisateurs)	50
III.3.2.6.5. Le savoir-faire et la méthodologie	50
III.3.2.7. Les Fonctions des SIG (Les 5A) :	50
III.3.2.8. Les Domaines des SIG :	51
III.3.2.9. Quelques logiciels SIG :	52
III.4. Application de Télédétection et SIG Dans L'Agriculture :	52
III.4.1. L'inventaire des cultures :	54
III.4.2. Analyse du rendement des cultures, région de culture endommagée et prévisions :	54
III.4.3. Nutriments ET stress hydrique :	56
III.4.4. Surveillance des inondations :	57

III.4.5. Utilisation et occupation Du Sol (LULC) :	58
III.4.6. Application agro métrologique :	59
III.4.7. Infection parasitaire :	61
III.4.8. Gestion des ressources en eau :	61

Partie II : Expérimentation

Chapitre IV: Présentation de la zone d'étude.

IV.1.Contexte générale :	63
IV.2.Superficie et situation géographique :	63
IV.3.Cadre géomorphologie :	65
IV.4.Occupation des sols :	67
IV.5.Pédologie :	71
IV.6.Lithologie :	73
IV.7.Cadre hydrologique :	76
IV.7.1. Bassins versants.....	76
IV.7.2. Le Réseau hydrographique :	78
IV.7.3 Les ressources souterraines et superficielles en eau :	80
IV.7.3.1 Les ressources souterraines :	80
IV.7.3.2 Les ressources superficielles :	80
IV.8.Caractéristiques Climatiques :	80
IV.8.1. Climat :	81
IV.8.1.1. Les précipitations :	81
IV.8.1.2. Température :	84
IV.8.1.3 : Humidité Relative :	87
IV.8.2. Les phénomènes secondaires :	88
IV.8.2.1. Les gelées	88
IV.8.2.2. La grêle.....	88
IV.8.2.3. La neige	88
IV.8.2.4. Les Vents.....	88
IV.8.3. Analyse bioclimatique :	88
IV.8.3.1 Diagramme Ombrothermique de Gaussen :	88
IV.8.4.2 L'étage bioclimatique (Le climagramme d'EMBERGER) :	89
IV.9. La faune et la flore :	92
IV.9.1. La Flore	92

IV.9.2. La faune	92
IV.10. Activités socio-économiques :	92
IV.10.1. Agriculture et élevage :	92
IV.10.2. Industrie :	92

Chapitre V : Matériels et méthodes

V.Mise en œuvre de la méthodologie :	93
V.1.Acquisition des données :	94
V.1.1. Données de base :	94
V.1.2. Les images satellitaires :	94
V.1.2.1. Sentinel 2 :	94
V.2.Traitement de données :	96
V.2.1.GEE.....	96
V.2.2. QGIS :	98
V.2.2.1. Principales fonctions de QGIS :	99
V.2.2.2. Les formats supportés par QGIS :	100
V.2.2.2.1. Format Vecteur :	101
V.2.2.2.2. Format raster :	103
V.3.Classification des images :	105
V.3.1. Classification supervisée :	105
V.3.2. Classification non supervisée :	106
V.3.3. SVM (Support Vector Machine) :	106
V.3.4. La validation et l'amélioration de la classification :	107
V.3.4.1. La matrice de confusion :	107
V.3.4.2. L'indice de Kappa (k) :	107
V.4. Calcul des Indices :	108
V.4.1. NDVI (Indice de Végétation par différence normalisée :	108
V.4.2. VCI (indice d'état de la végétation) :	109
V.4.3. VHI (indice de santé de la végétation) :	110
V.4.4. PDSI (Indice de sécheresse de Palmer) :	111
V.5.Les exigences des cultures :	112
V.5.1. Le Blé dur :	112
V.5.1.1. Les exigences climatiques :	113
V.5.1.2. Les exigences pédologiques :	113
V.5.1.3. Variétés du blé dur :	113
V.5.2. Le blé tendre :	115

V.5.2.1. Les exigences climatiques :	115
V.5.2.2. Les exigences pédologiques :	115
V.5.2.3. Variétés du blé tendre :	116
V.5.3. L'orge :	117
V.5.3.1. Les exigences climatiques :	117
V.5.3.2. Exigences pédologiques :	117
V.5.3.3. Variétés d'orge :	118
V.5.4. Le Tournesol :	119
V.5.4.1. Les exigences climatiques	119
V.5.4.2. Les exigences pédologiques :	119
V.5.5. La pomme de terre :	119
V.5.5.1. Les exigences climatiques :	120
V.5.5.2. Exigences pédologiques :	120
V.5.5.3. Les besoins en eau :	120
V.5.5.4. Les Principales variétés cultivées en Algérie :	120
V.5.6. L'Oignon :	121
V.5.6.1. Les exigences climatiques :	121
V.5.6.2. Le Sol :	122
V.5.7. Olivier :	122
V.5.7.1. Les exigences climatiques :	123
V.5.7.2. Exigences pédologiques :	123
V.5.7.3. Les principales variétés d'oliviers cultivées en Algérie :	123
V.5.8. Le Cognassier :	125
V.5.8.1. Le Coing :	125
V.5.8.2. Les Principales variétés de coing :	126
V.5.8.3. Les Exigences écologiques :	126

Chapitre VI : Résultats Et Discussion

VI.1. Les Cartes Des Cultures :	128
VI.1.1. Carte de Répartition des Céréales :	128
VI.1.2. Carte de répartition de blé dur :	129
VI.1.3. Carte de répartition de blé tendre :	130
VI.1.4. Carte de répartition d'orge :	131
VI.1.5. Carte de répartition de culture maraichères :	132
VI.1.6. Carte de répartition d'oignon :	134
VI.1.7. Carte de répartition de L'Arboricultures :	135

VI.1.8. Carte de répartition d'olivier :	136
VI.1.9. Carte de répartition du coing :	137
VI.2. Application des Indices :	138
VI.2.1. NDVI (Indice de végétation par différence normalisée) :	138
VI.2.2. VCI (Vegetation Condition Index) :	140
VI.2.3. VHI (Vegetation Health index) :	143
VI.2.4. PDSI (Indice de gravité de la sécheresse de Palmer) :	146
VI.3. Les Cartes Des aptitudes Agricoles Réalisé Par La C.F.T :	149
VI.3.1. Le périmètre de Adjermaia - Zmalet Emir Abdelkader - :	149
VI.3.1.1. Identification du périmètre :	149
VI.3.1.2. Climat :	150
VI.3.1.3. Lithologie et formations superficielles :	150
VI.3.1.4. Aptitudes culturales en irrigué par unité pédologique :	152
VI.3.2. Le Périmètre de AIN Deheb :	155
VI.3.2.1. Identification du périmètre :	155
VI.3.2.2. Climat :	155
VI.3.2.3. Aptitudes culturales en irrigué au niveau du périmètre :	157
VI.3.3. Le Périmètre de Themed - Sidi Abderrahmane - :	159
VI.3.3.1. Identification du périmètre :	159
VI.3.3.2. Climat :	159
VI.3.3.3. Aptitudes culturales en irrigué au niveau du périmètre :	161
VI.4. Résultat de la classification :	164
VI.4.1. Détermination des classes :	164
VI.4.1.1. Agro-foresterie :	165
VI.4.1.2. Blé dur :	165
VI.4.1.3. Blé tendre :	165
VI.4.1.4. Orge :	166
VI.4.1.5. Pomme de terre :	166
VI.4.1.5. Oignon :	166
VI.4.1.6. Arboriculture-fruitière :	167
VI.5. La pertinence de la classification par L'indice de kappa :	167
VI.6. Comparaison des résultats :	169
VI.7. Conclusion :	170

Conclusion Générale.....

Références Bibliographiques

Résumé :

La région de Tiaret est reconnue comme une zone agricole en raison de sa situation géographique favorable, notamment pour la culture des céréales. Cependant, elle fait face à des défis similaires à d'autres régions, tels que le problème de la sécheresse, causé par une faible pluviométrie ces dernières années.

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'adéquation des cultures avec les territoires de la région de Tiaret en utilisant des données de télédétection. Des images satellites (Sentinel 2) ont été utilisées pour générer une carte des aptitudes agricoles grâce à des techniques d'apprentissage automatique supervisé. L'apprentissage automatique est une branche de l'intelligence artificielle qui permet aux ordinateurs d'apprendre à partir de données et de prendre des décisions en se basant sur ces apprentissages. Cette approche offre l'avantage de traiter de grandes quantités de données de manière précise et efficace.

De plus, des indicateurs tels que la santé de la couverture végétale et le degré de sécheresse ont été obtenus à partir de la plateforme Google Earth Engine. Les résultats obtenus révèlent les zones les plus favorables à certaines cultures dans la région de Tiaret. Ces résultats peuvent être utilisés pour orienter les décisions en matière de planification agricole, notamment dans le choix des cultures les plus adaptées à chaque zone, l'optimisation de l'utilisation des ressources et la gestion des terres agricoles.

Mots clés : Aptitude agricole, Télédétection, apprentissage automatique, Google Earth Engine, Agriculture, Tiaret.

Abstract:

The Tiaret region is recognized as an agricultural area due to its favorable geographical location, especially for cereal cultivation. However, it faces similar challenges to other regions, such as the problem of drought caused by low rainfall in recent years.

The objective of this study was to assess the suitability of crops in the territories of the Tiaret region using remote sensing data. Satellite images (Sentinel 2) were utilized to generate a map of agricultural suitability through supervised machine learning techniques. Machine learning is a branch of artificial intelligence that enables computers to learn from data and make decisions based on those learnings. This approach offers the advantage of processing large quantities of data accurately and efficiently.

Furthermore, indicators such as vegetation cover health and the degree of drought were obtained from the Google Earth Engine platform. The obtained results reveal the most favorable zones for specific crops in the Tiaret region. These findings can be used to guide decisions in agricultural planning, particularly in selecting the most suitable crops for each zone, optimizing resource utilization, and managing agricultural lands.

Keywords: Agricultural suitability, Remote sensing, Machine learning, Google Earth Engine, Agriculture, Tiaret.

ملخص:

تُعتبر منطقة تيارت منطقة زراعية معروفة بفضل وضعها الجغرافي المُفضل، وخاصةً لزراعة الحبوب. ومع ذلك، تواجه تحديات مماثلة لتلك المواجهة في المناطق الأخرى، مثل مشكلة الجفاف الناجم عن قلة هطول الأمطار في السنوات الأخيرة..

كان هدف هذه الدراسة هو تقييم ملاءمة زراعة المحاصيل في مناطق تيارت باستخدام بيانات الاستشعار عن بعد. تم استخدام صور الأقمار الصناعية (سونتينال 2) لإنشاء خريطة لمهارات الزراعة باستخدام تقنيات التعلم الآلي المشرف. يعتبر التعلم الآلي فرعاً من الذكاء الاصطناعي يتيح للحواسيب التعلم من البيانات واتخاذ القرارات استناداً إلى هذا التعلم. تتيح هذه الطريقة ميزة معالجة كميات كبيرة من البيانات بدقة وكفاءة.

بالإضافة إلى ذلك، تم الحصول على مؤشرات مثل صحة التغطية النباتية ودرجة الجفاف من مصة محرك جوجل الارض . تكشف النتائج المستخلصة عن المناطق الأكثر ملاءمة لبعض المحاصيل في منطقة تيارت. يمكن استخدام هذه النتائج لتوجيه القرارات في التخطيط الزراعي، وخاصةً في اختيار المحاصيل الأكثر تلائماً لكل منطقة، وتحسين استخدام الموارد وإدارة الأراضي الزراعية.

كلمات البحث: المهارات الزراعية . الاستشعار عن بعد . التعلم الآلي . محرك جوجل الارض . الزراعة . تيارت

INTRODUCTION

GÉNÉRALE :

Le secteur agricole joue un rôle important dans l'économie internationale. Certains pays, dont l'Algérie, cherchent à développer des politiques et des approches pour atteindre et assurer la sécurité alimentaire et le développement local.

Selon **la Banque mondiale 2008** : « le secteur agricole est la base du développement des pays en développement, en particulier ceux qui ont les capacités nécessaires, comme l'Algérie ».

L'Algérie se distingue par sa vaste superficie, la superficie agricole est estimée à 18,5% de la superficie régionale (**MADR 2018**).

Selon (**A. Henni 2022**) le secteur agricole contribue à plus de 14,7% du produit intérieur brut (**PIB**).

La production céréalière occupe une place stratégique dans le système alimentaire et l'économie nationale, puisque le taux de production céréalière durant la période 2010-2017 a été estimé à 32.6 millions de quintaux, en plus des légumes, des fruits et des olives (**MADR 2017**).

Cependant, le secteur agricole fait face à de nombreux obstacles tels que la rareté de l'eau, la dépendance à l'eau de pluie, les ressources en eau limitées, l'agriculture traditionnelle et la faible mécanisation agricole, car le nombre de tracteurs et de moissonneuses utilisées dans l'agriculture en Algérie pour l'année 2016 a atteint 149 tracteurs et 13 moissonneuses-batteuses. Par rapport à la France (841 tracteurs et 43 moissonneuses-batteuses) (**OADA 2018**), (**WB.2019**) in (**N. Maakal 2021**).

La mauvaise gestion et l'utilisation aléatoire des engrais et des pesticides, en plus du changement climatique, qui se caractérise par une diminution des précipitations et une augmentation de la température moyenne dans la période 1987_2022 en plus des obstacles naturels tels que la sécheresse, l'érosion et la désertification.

L'Algérie développe des projets d'appui aux pratiques agricoles. Malgré tous ces défis, et grâce à l'agriculture de précision dans laquelle les techniques de télédétection sont utilisées, les images satellites permettent la collecte d'informations pour déterminer le type et la superficie des cultures agricoles, en plus de la structure et de la santé du couvert végétal et de la quantité d'eau et d'humidité dans le sol (**CCT 2015**).

La wilaya de Tiaret est considérée comme l'une des wilayas phares dans le secteur agricole, notamment dans la production céréalière. La wilaya s'étend sur une superficie totale de 2.008.662 hectares. La superficie agricole totale est de 1609 900 hectares, dont la superficie agricole utile est de 705 650 ha, seulement 26 384 ha dont irrigués (**D. S. A 2013**), Les céréales prennent presque

45% de cette superficie, soit 316950 ha. Malgré cette grande superficie, les rendements sont généralement faibles, la superficie de terres agricole a continué de diminuer, atteignant une superficie agricole totale de 1 109 331 hectares, dont 705 650 hectares sont considérés comme des terres agricoles exploitables en 2022. Cette diminution de surface représente une tendance préoccupante pour la disponibilité des terres agricoles (**D.S.A 2022**).

Les insuffisances de production agricole Dans cette région et l'augmentation des factures d'importation des cultures sont principalement causées par plusieurs facteurs tels que la sécheresse, l'irrégularité des précipitations, les gelées et les grêles, le manque d'eau, le manque d'infrastructures agricoles, l'utilisation inefficace des terres, le manque d'investissements dans l'agriculture, la faible utilisation des technologies modernes, ainsi que le non-respect des itinéraires techniques et la mauvaise gestion des ressources naturelles, l'utilisation excessive des pesticides, la perte de la fertilité des sols, l'insuffisance de la production agricole .les dégâts causés par différentes maladies, parasites et ravageurs tels que les insectes, les oiseaux, les rongeurs, les mauvaises herbes, les champignons.

L'objectif de cette étude est de réaliser une carte d'aptitudes agricoles de la wilaya de Tiaret à l'aide de la télédétection, du système d'information géographique (SIG). A travers l'utilisation d'images satellitaires Sentinel 1 et Sentinel 2. Pour identifier la concordance entre les principales cultures ainsi que les potentialités naturelles de production (sol, climat).

A cet effet, nous avons développé les chapitres suivants en 02 partie :

PARTIE I : Synthèse Bibliographique

- CHAPITRE I : Les Aspects généraux du secteur Agricole en Algérie.
- CHAPITRE II : Les Contraintes et Enjeux de la sécurité Alimentaires.
- CHAPITRE III : La Télédétection et ses applications en agriculture.

PARTIE II : Expérimentation

- CHAPITRE IV : Réserve pour la présentation de la zone d'étude.
- CHAPITRE V : Présente la Méthodologie du travail consacré à l'étude.
- CHAPITRE VI : Discussion des données et des résultats obtenus.

CHAPITRE I :
LES ASPECTS
GÉNÉRAUX DU
SECTEUR
AGRICOLE EN
ALGÉRIE

1. Contexte générale :

L'agriculture en Algérie est un secteur clé de l'économie nationale, contribuant de manière significative à la croissance économique et au développement rural. Le pays dispose d'une grande diversité de terres arables, de climats et de ressources hydriques, ce qui offre des opportunités pour une large gamme de cultures agricoles.

L'agriculture en Algérie est un secteur vital qui a un rôle important et important dans l'économie nationale. La superficie agricole a été estimée à 18,5% (**MADR 2019**) de la superficie totale. Les principales cultures cultivées en Algérie sont « les céréales, les légumineuses, les olives, les agrumes, les dattes, les légumes et les fruits ». En plus de la production animale .L'agriculture est devenue l'une des priorités du gouvernement afin de diversifier son économie, encore dominée par la production pétrolière.

2. Répartition générale des terres :

La superficie totale de l'Algérie qui est de l'ordre de 238 millions d'ha se répartit ainsi :

2.1. Superficie agricole totale (S.A.T) : est de l'ordre de 44,00 millions d'ha soit 18,5 % de la superficie territoriale, elle comprend :

2.1.1. Les pacages et les parcours : Ils représentent des terres dont l'utilisation est suspendue pour une période de cinq ans ou plus. Ils sont utilisés pour le pâturage. Il occupe une superficie de 32,75 millions d'hectares, soit 74,5 de la superficie agricole totale.

2.1.2 Terres improductives : des exploitations agricoles s'élèvent à 2 652 454 ha, elles représentent 6,0 % de la S.A.T.

2.1.3 La Superficie agricole utilisée (S.A.U) : cela signifie des terres arables, y compris les grandes cultures. Cultures maraîchères. Jachères ...Il s'étend sur une superficie équivalente à 8,56 millions d'hectares, soit 19% pour cent de la superficie agricole totale Réparti comme suit :

- Cultures herbacées qui inclut « les céréales d'hiver (blé, orge, l'avoine, Triticale) et les céréales d'été (Mais, sorgho), Les Légumes secs, Fourrages artificiels, les cultures industrielles... » avec une surface de 4,68 millions d'ha, soit 54,67 % de la S.A.U.
- Terres au repos (Jachères fauchées, Jachères pâturées, Jachères travaillées au printemps) avec une surface de 2,85 millions d'ha, soit 33,26 % de la S.A.U.
- Plantations fruitières : une surface de 910 322 ha, soit 10,63 % de la S.A.U.
- Vignobles : une surface de 68 649 ha, soit 0,80 % de la S.A.U.

- Prairies naturelles : une surface de 54 117 ha, soit 0,63 % de la S.A.U.

2.2. Terres alfatières : Terres alfatières (terres sur lesquelles l’alfa, plante vivace pouvant servir à la fabrication du papier), elles s’étendent sur une superficie de l’ordre de 2,47 millions d’ha ; elle représente 1,0 % de la superficie territoriale.

2.3. Terres forestières : (bois, forêts, maquis) occupent une superficie de l’ordre de 4,1 millions d’ha soit 1,7 % de la superficie territoriale.

2.4. Terres improductives non affectées à l’agriculture : les terrains improductifs non susceptibles d’être cultivés ou pacagés (dunes, terrains rocheux, couverts par les agglomérations, voies, rivières etc....) ; elles sont estimées à 187,6 millions d’ha, elles représentent 78,8 % de la superficie territoriale.

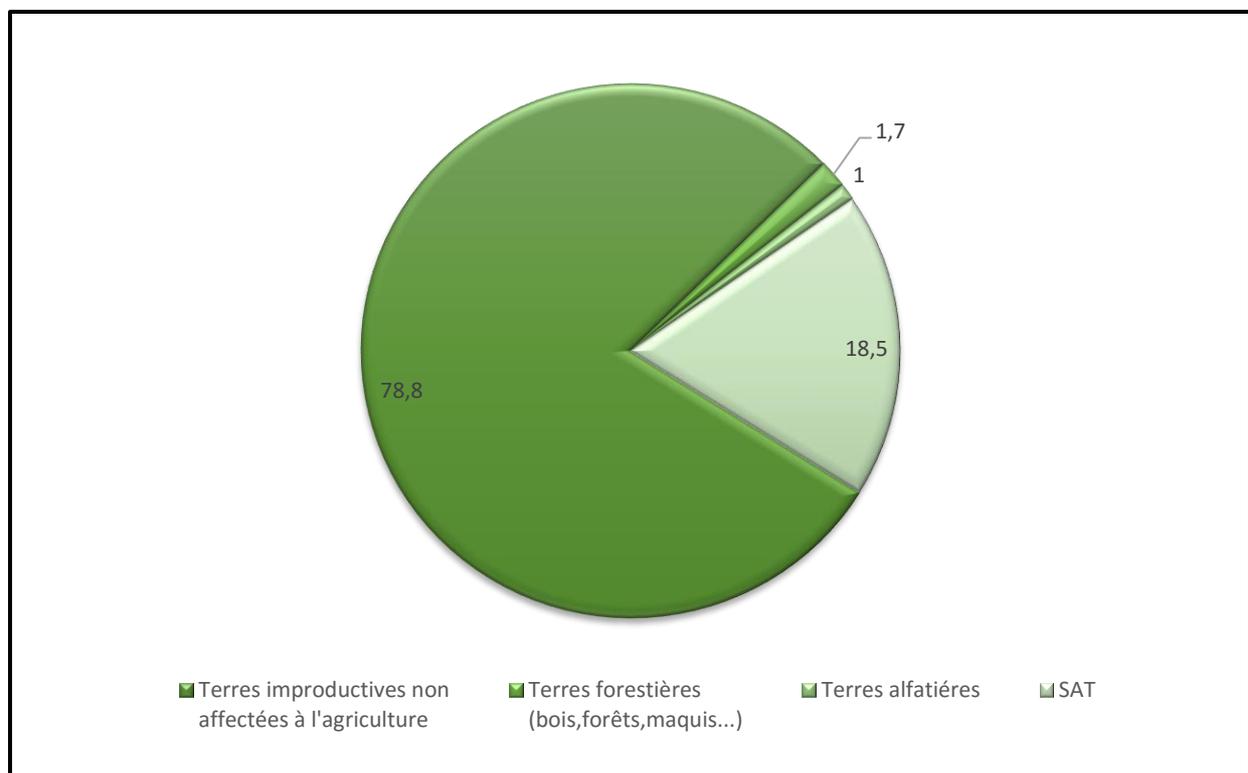


Fig. n° (01) : Répartition des terres agricoles (MADR 2019).

3. Le Secteur Agricole en Algérie :

3.1 La céréaliculture en Algérie :

Les céréales sont un aliment de base dans la plupart des pays du sud de la méditerranée. Ils sont donc considérés comme stratégiquement importants pour la sécurité alimentaire de la population (S. Lemeilleur et al., 2009).

En Algérie, la céréaliculture joue un rôle important dans l'économie nationale, occupant la première place parmi les cultures stratégiques et est utilisée par la plupart des agriculteurs. Selon le ministère de l'Agriculture, le Recensement de l'agriculture (RGA) de 2013 montre que nous sommes des agriculteurs d'environ 600 000 types de céréales, soit près de 60% de toutes les exploitations, quelle que soit la jachère. Selon la base de données FAOSTAT (2015), la superficie cultivée en céréales est de 8,5 millions d'hectares. Cette zone agricole est très étroite par rapport à la superficie totale de l'Algérie qui est de 238 millions d'hectares, dont 191 millions d'hectares sont improductifs (N. BAKROUNE 2021).

3.1.1 Les zones céréalières en Algérie :

En effet, la céréaliculture associe plusieurs "cultures", dont le blé, le fourrage, etc. Dans l'espace et la cartographie, ce type de carrières prévaut particulièrement dans le nord du pays, d'est en ouest à travers les régions dites céréalières (MADR 2006), que sont les wilayas suivantes : Tlemcen, Sidi Bel Abbès, Sidon, Aïn Temouchent, Mostaganem, Mascara, Tiaret, Relizane, Chlef, Aïn Defla, Djelfa, Médée, Bouira, Bordj Bou Arreridj, Sétif, Mela, Constantine, Guelma, Batna, Oum El Bouaghi, Kinchela, Souk Ahras et Tébessa

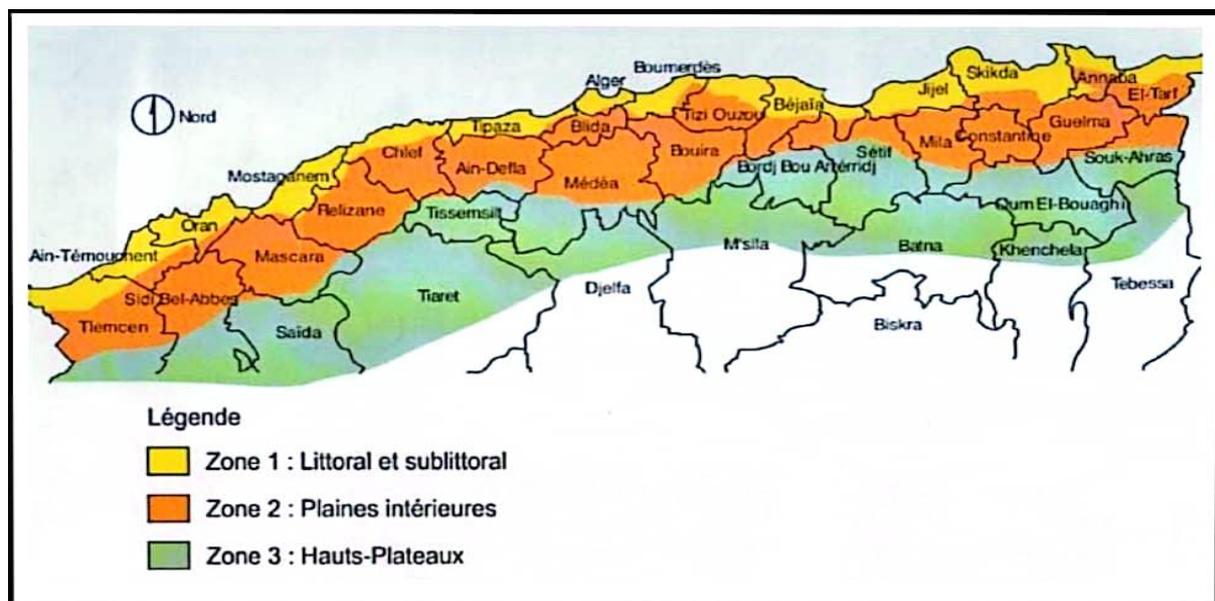


Fig. n° (2) : Localisation des aires de production des céréales en Algérie (F. Boufenar-Zaghouane et O. Zaghouane 2006).

La superficie récoltée des céréales est de l'ordre de 3,18 millions d'ha ; occupent grand part de la SAU. Le blé dur est la céréale la plus représentée devant l'orge et le blé tendre. L'Algérie est le 7ème importateur de céréales dans le monde et deuxième en Afrique après l'Égypte. Les besoins sont évalués à 8 millions de tonnes par an alors que la production est fluctuante et n'a jamais

couvert les besoins pour atteindre dans le meilleur des cas, un peu plus de 6 millions de tonnes (en 2009 et 10 ans plus tard en 2019). La céréaliculture en Algérie est pratiquée par près de 600.000 agriculteurs, sur une superficie de 3 à 3.5 millions d'hectares (**MADR 2019**).

La figure représente la production, la superficie et le rendement des céréales d'hiver durant la période (2015-2019), selon le graphique observé 2018 c'est l'année où la production est élevée estimée par 60 568 040 quintaux avec une superficie de 3 106 102 hectares et l'année 2016 où la production est faible estimée par 34 322 742 quintaux avec une superficie de 2 209 625 hectares.

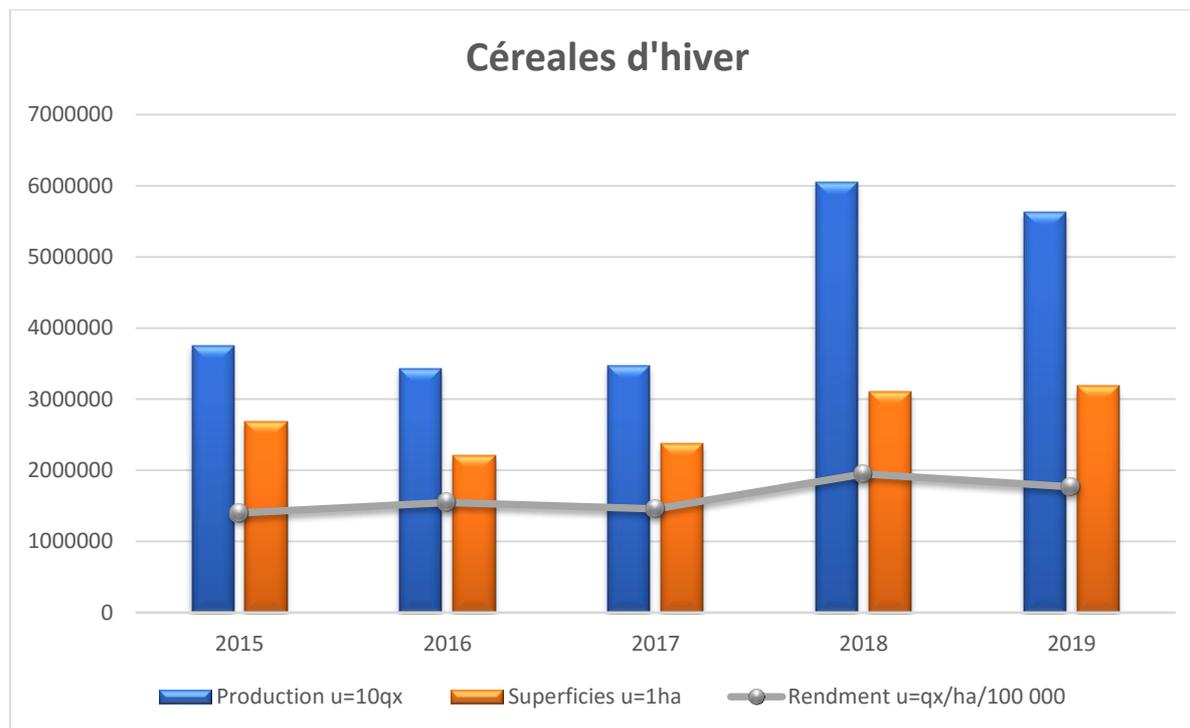


Fig. n° (03) : Histogramme de production, superficies, rendement des céréales d'hiver des années 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 (**MADR 2016,2017,2019**).

Les produits céréaliers occupent une place stratégique dans l'alimentation et l'économie nationale, les cultures céréalières étant parmi les cultures les plus importantes en Algérie et représentant la majorité de la production du pays, si bien que les céréales sont réparties en céréales d'hiver (blé dur, blé tendre, orge, flocons d'avoine, triticale) et céréales d'été (maïs). Elle occupe une superficie de 3 185 647 ha en 2019. La wilaya, qui se caractérise par une forte production céréalière, comprend wilaya Tiaret, Sétif et Oum El Bouaghi, avec une production de plus de 3 000 000 qx.

3.1.2 Les contraintes de la céréaliculture en Algérie :

La faible production céréalière en Algérie est due au climat sec. Ce dernier est un important facteur limitant de la production céréalière. D'autres facteurs limitent également le développement et ils

sont liés au sol, au mode de culture des plantes ou des cultures, aux divers parasites, ravageurs et maladies (**H. BOULAL et al., 2007**).

3.1.3. Les grandes zones agroclimatiques des céréales :

L'agriculture est généralement influencée par les conditions climatiques et pédologiques de chaque région. Pour la céréaliculture, il est attribué en fonction de son espèce et de son type d'adaptation dans la couche bioclimatique. Selon (**Feiachi 2000**), la culture des céréales se déroule dans quatre grandes zones agroclimatiques.

✓ Espace à faible potentiel : Situé au sud des Hauts Plateaux (zone agricole et pastorale), d'une superficie de 1 800 000 hectares, moins de 450 mm de pluviométrie, et un rendement de 5-6 quintaux/ha.

✓ Espace herbeux : pratiqué dans les écosystèmes fragiles, 300 000-800 000 hectares.

✓ L'espace au niveau du Sahara est subdivisé en deux catégories : la première représentée par des systèmes traditionnels couvrant une superficie de 35 000 hectares et la deuxième zone de bassin de 10 000 hectares impliquant la culture de céréales sous pivots, situées dans des régions semi-arides et arides.

✓ Espace à haut potentiel : situé entre le littoral et les plaines côtières et dans le plateau nord, couvrant une superficie de 1 200 000 hectares, avec une pluviométrie comprise entre 450 et 800 mm et un rendement moyen de 10-15 qx/ha.

3.2 Les cultures industrielles :

Les cultures industrielles sont basées sur la tomate industrielle et le tabac, à une surface annuelle moyenne de 19 380 hectares, durant les deux périodes 2000-2009 et 2010-2017. Pour le tabac, la superficie moyenne était de 4 850 hectares au cours des deux mêmes périodes. En termes de production, le produit de la tomate industrielle a augmenté de manière significative, de 136%, en raison de l'amélioration du rendement, qui est passé d'environ 200 kg/ha au cours de la période 2000-2009 à plus de 500 kg/ha au cours de la période 2010. -2017 (**MADR 2018**).

Ils sont peu importants, représentées par le tabac, l'arachide, la betterave et la tomate. Ce sont les cultures industrielles dominantes. Elles sont produites dans 21 états dont quatre assurent à eux seuls 80% de la production totale du pays qui est la wilaya de Skikda, El Tarf, Guelma, Annaba.

La figure représente la production, la superficie et le rendement des cultures industrielles durant la période (2015-2019), selon le graphique observé 2019 c'est l'année où la production est élevée estimée par 17 178 179 quintaux avec une superficie de 38 018 hectares et l'année 2017 où la production est faible estimée par 12 554 567 quintaux avec une superficie de 32 595 hectares.

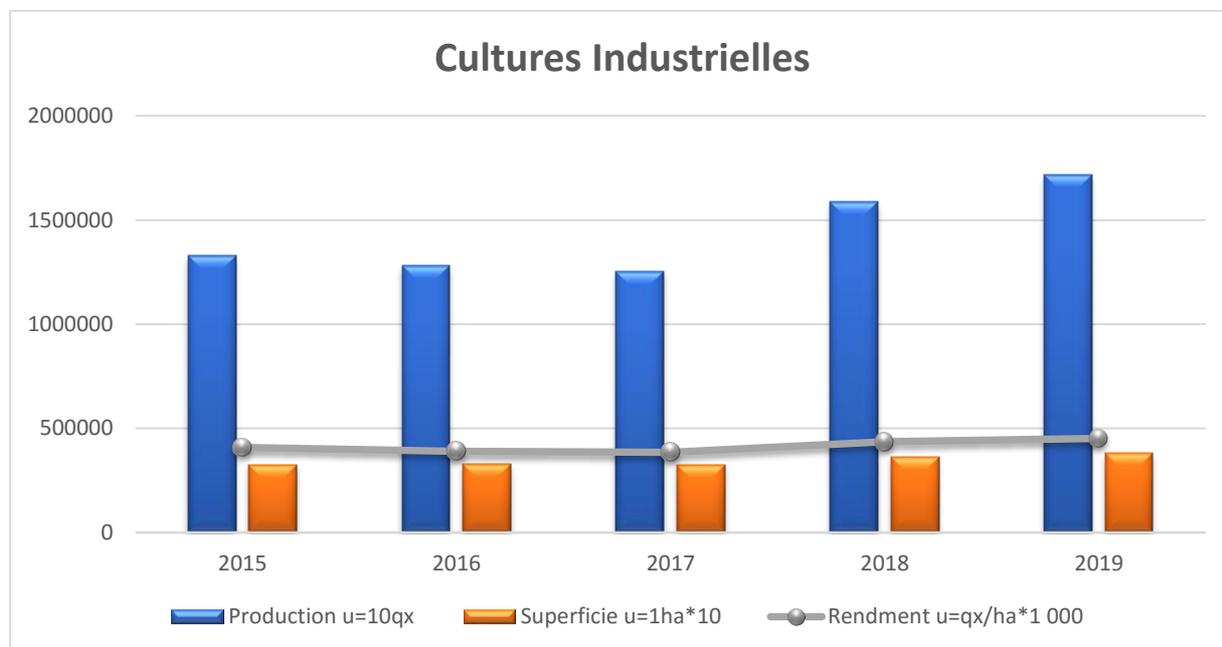


Fig. n° (04) : Histogramme de production, superficie, rendement des cultures industrielles des années 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 (MADR 2016.2017.2019).

3.3 Cultures maraîchères :

Sont également importantes en Algérie, fournissant des légumes frais et nutritifs aux marchés locaux et internationaux. Les tomates, les poivrons, les oignons et les pommes de terre sont les principales cultures maraîchères cultivées en Algérie, avec des rendements élevés dans les régions côtières et les zones irriguées.

La superficie du maraichage a enregistré une augmentation de **+44%** durant la période 2010-2017 par rapport à la période précédente 2000-2009. Les superficies réservées à la pomme de terre et l'oignon ont également connus des augmentations, situées respectivement à **+ 68%** et **+ 35%**, et ce en comparaison des périodes 2010-2017 et 2000-2009. La production moyenne du maraichage a enregistré **une hausse significative** durant la période 2010-2017 atteignant **+ 121%** par rapport à la période 2000-2009. La pomme de terre et l'oignon qui représentent respectivement plus de **36%** et plus **12%** de la production du maraichage ont enregistré une évolution respectivement de **+143%** et **+ 102%** (MADR 2018).

Tableau n° (01) : Les principales variétés maraichères en 2000 (MADR, Série B 2000 in N. Sahali et al, 2021).

Espèces	Superficie (ha)	Production (Qx)	Rendement (Qx/ha)
Pomme de terre	72 690	12 076 900	166,1
Tomates	16 710	3 414 470	204,3
Oignons	26 490	3 157 410	119,2
Melons/Pastèques	28 980	3 986 910	-
Carottes	10 830	1 486 360	-
aulx	8 930	356 050	-
Piments	7 320	773 400	105,7
Poivrons	8 580	974 330	113,6
Concombres	3 090	528 370	171,0
Courgettes	8 580	948 820	110,6
Aubergines	3 090	384 060	124,3
Artichauts	4 140	394 800	95,4
Choux Verts	2 040	186 160	91,3
Choux Fleurs	3 660	438 220	119,7
Navets	7 400	816 440	110,3
Fèves Vertes	19 570	777 190	39,7
Haricots Verts	5 990	255 230	42,6
Petits Pois	18 720	473 890	25,3
Autres Légumes	18 120	1 652 550	91,2
Total Algérie	274 930	33 081 560	120,3

De ce tableau ont émergé un grand nombre de variétés horticoles marchandes cultivées. Cependant, ces poids varient selon les espèces, à la fois en termes de superficie et de rendement. En fait, la pomme de terre est la principale culture développée, avec une superficie de plus de 72 000 hectares et un rendement de plus de 12 millions de quanteaux. En bref, la pomme de terre, la tomate, l'oignon, la pastèque et le melon, et la carotte sont les principales cultures, avec près de 57% de la surface totale plantée et plus de 24 millions de quanteaux représentant près des 3/4 (72%) de la production totale, comme illustré à le graphique illustré n°01.

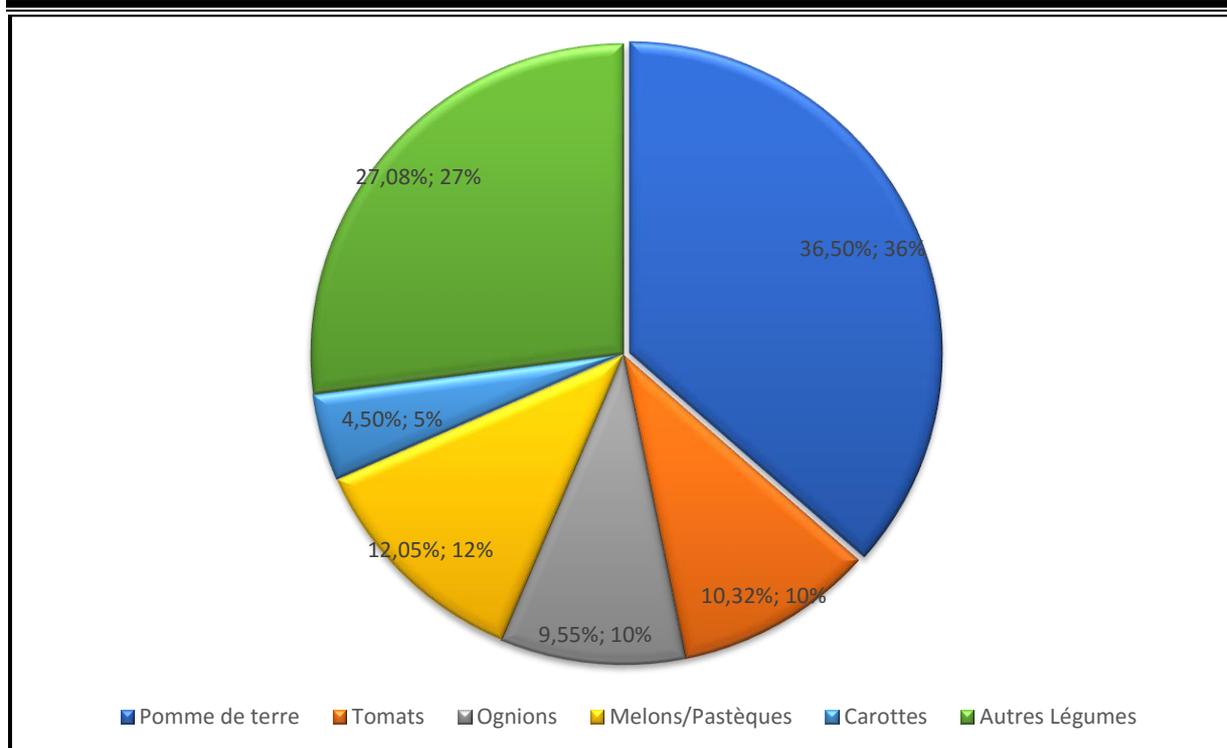


Fig. n° (05) : les principales productions maraichères en % (MADR Série B 2000 in (N. Sahali et al, 2021).

La figure représente la production, la superficie et le rendement du maraichage durant la période (2015-2019), selon le graphique observé 2019 c'est l'année ou la production et élevée estimée par 146 700 413 quantons et L'année 2015 ou la production et faible estimée par 124 693 277 quantons avec une superficie presque stable estimée par 511 018 à 533 060 hectares durant les 5 années.

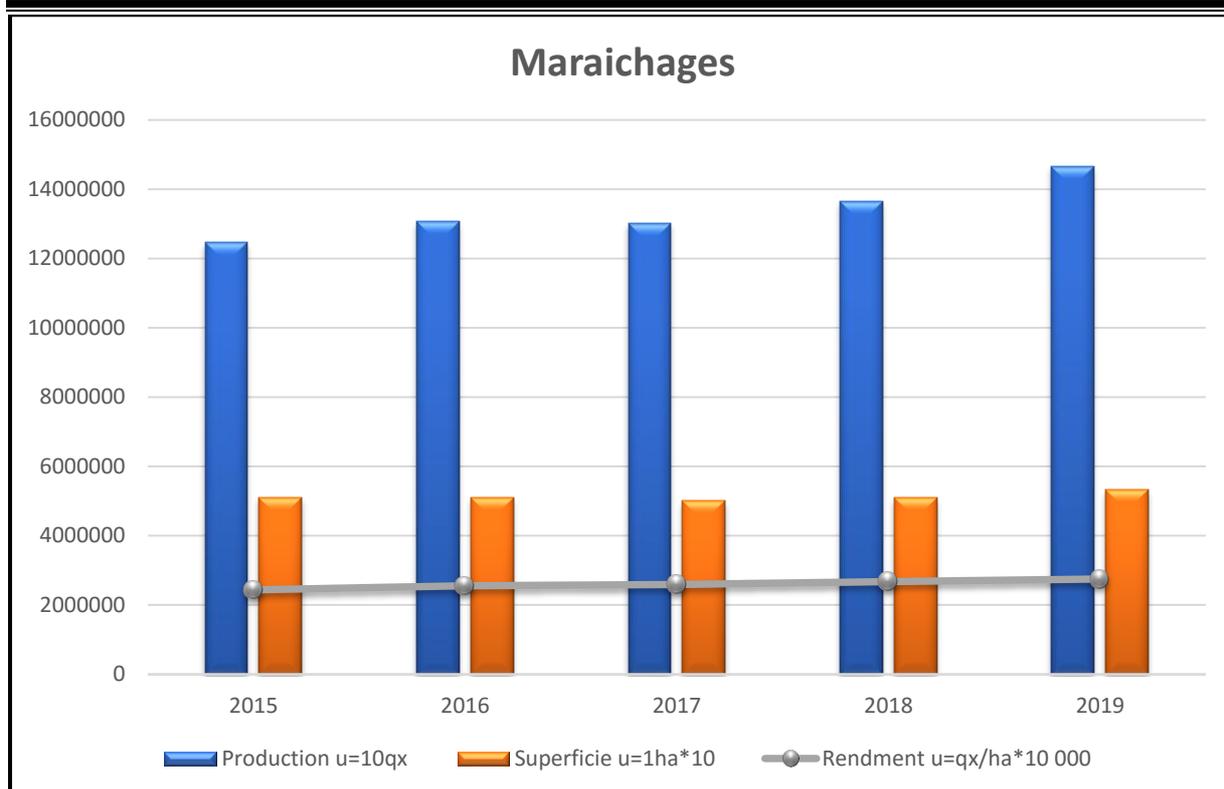


Fig. n° (06) : Histogramme de production, superficies, rendement du maraichages années 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 (MADR 2016.2017.2019).

3.3.1 Evolution globale des indicateurs des cultures maraichères :

Les cultures maraichères algériennes sont très diversifiées et représentent une part importante de la production agricole du pays. Le tableau n°01 fournit des informations sur le développement de l'horticulture commerciale de 2000 à 2019.

Les indicateurs analytiques considérés confirment le développement positif continu de l'horticulture commerciale tout au long de la période. La superficie plantée est passée de 274 000 hectares en 2000 à 429 000 hectares en 2010, et à 533 000 hectares en 2019.

La production a augmenté de manière agressive, passant de 120,3 Qx/ha en 2000 à 201,2 Qx/ha en 2010 et 275,1 Qx/ha en 2019.

Enfin, de 2000 à 2019, la production a doublé 4,4 fois, passant séquentiellement de 33,08 millions de Qx à 146,7 millions de Qx. Cette augmentation très importante de la production s'explique par des améliorations de rendement et de surface.

Tableau n° (02) : Evolution des cultures maraichères en Algérie 2000-2019 (N. Sahali et al., 2021) la base des données du MADR, séries B, 2000-2019.

Années	Superficies Plantée	Production	Rendement
	(ha)	(Qx)	Qx/ha
2000	274 930	33 081 560	120,3
2001	277 400	33 622 030	121,2
2002	290 690	38 374 160	132,0
2003	320 100	49 088 610	153,4
2004	345 558	54 800 000	158,6
2005	363 030	59 265 500	163,3
2006	372 096	59 291 430	159,3
2007	353 992	55 242 790	156,1
2008	363 459	60 681 320	166,9
2009	393 594	72 912 950	185,2
2010	429 417	86 407 430	201,2
2011	449 258	95 692 325	213,0
2012	468 262	104 023 180	222 ,1
2013	505 615	118 664 440	234,7
2015	511 018	124 693 277	244,0
2016	511 174	130 826 802	255,9
2017	501 869	130 202 950	259,4
2018	509 370	136 570 863	268,1
2019	533 191	146 700 413	275,1

3.3.2 Principales zones des cultures maraîchères :

Selon (A. Benhafid 1997), en Algérie, la croissance des espèces légumières est principalement limitée par l'eau et la température. Ainsi, la typologie et le climat sont des critères qui permettent de diviser l'Algérie en différentes régions où les cultures maraîchères sont pratiquées. On distingue donc les régions suivantes :

- La plaine littorale méditerranéenne.
- Les plaines et hauts plateaux intérieurs.
- Les oasis sahariennes.

Ces divisions géographiques sont déterminées par les conditions climatiques et les caractéristiques topographiques de chaque région, ce qui influe sur les possibilités de culture des légumes dans ces différentes zones.

3.3.4 Utilisation des terres agricoles en culture maraîchère par wilaya :

Les wilayas de Mostaganem, Mascara et Boumerdès se distinguent par les superficies les plus importantes dédiées à la production de cultures maraîchères à travers le pays, avec des superficies allant de 20 000 à 25 000 hectares (Tableau I). Traditionnellement, ces cultures étaient protégées sous des abris rudimentaires. Ce n'est qu'en 1970 que la plasticulture a été introduite en Algérie dans le cadre du projet FAO "ALGERIE 29" (S. Oumata et al., 2008)

Tableau n° (03): SAU utilisée pour la production des cultures maraîchères par wilaya (S. Oumata et al., 2008).

Superficies (ha)	Wilaya
25 000 et 20 000	Mostaganem, Mascara, Boumerdès.
20 000 et 15 000	Tlemcen, Skikda, Ain-Defla.
15 000 et 10 000	Biskra, Alger, M'Sila, El-Oued, Relizane.
10 000 et 5 000	Chlef, Laghouat, Batna, Tiaret, Tizi-Ouzou, Djelfa, Jijel, Sétif, Guelma, Médéa, El-Taraf, Tipaza, Ain-Temouchent.
< 5 000	Adrar, Oum El Bouaghi, Béjaïa, Bechar, Blida, Bouira, Tamanrasset, Tébessa, Saida, Sidi Bel-Abbès, Annaba, Constantine, Ouargla, Oran, ElBayadh, Illizi, B.B.Arréridj, Tissemsilt, El-Oued, Khenchla, Souk-Ahras, Naama, Ghardaïa.

3.4 Arboriculture :

C'est la culture des arbres fruitiers dans le but de produire des fruits qui peuvent être consommés à état frais, sec ou transformés. Elle joue un rôle très important et direct dans l'alimentation humaine, où à travers l'industrie agroalimentaire, et de ce fait et à travers sa contribution dans l'économie nationale, elle procure un nombre important d'emploi (**K. Habouche et C. Salmi 2020**).

L'arboriculture fruitière fait partie intégrante de la vie économique et sociale de l'Algérie. La logique de plantation d'arbres fruitiers est de lutter contre l'érosion des sols, l'aménagement des terres, la création d'emplois, le développement de l'agro-industrie et ebénisterie. En effet, le programme de développement des arbres fruitiers algériens figure en bonne place dans la nouvelle politique agricole du pays, visant à accroître l'efficacité technique et économique, en tenant compte des occupations climatiques des différentes régions agricoles de l'Algérie.

L'Algérie, par exemple, possède une collection de cultivars de 178 variétés d'agrumes, constituant un précieux patrimoine génétique (**R. Zemirli et S. Hammache 2017**). L'Algérie bénéficie de conditions climatiques assez favorables au développement de certaines variétés fruitières telles que les agrumes, les oliviers, les figuiers, les palmiers dattiers et les variétés dites à noyaux et à graines. La production de ces derniers a considérablement augmenté en raison de l'augmentation périodique de la superficie.

3.4.1 Importance écologique et économique de l'arboriculture :

Les arbres jouent un rôle crucial dans l'écosystème en raison de leur capacité à stocker le carbone et à maintenir la biodiversité. Ils contribuent également à l'évolution et à la préservation des sols en offrant une protection contre les ruissellements et en prévenant le tassement du sol lors des fortes pluies. Leur impact écologique est donc multiple, incluant le drainage des marais, la protection contre le vent, la lutte contre l'érosion et la captation du gaz carbonique en tant que puits de carbone (**B. Kadiata 2010**).

Au fil du temps, les pays du bassin méditerranéen, autrefois considérés comme des régions principales de production fruitière, ont vu leur part dans la production mondiale de fruits diminuer. Au début des années 1970, ils représentaient 26% de la production mondiale, mais cette part est maintenant d'environ 16%. Cette érosion lente s'explique en partie par le développement de la production fruitière dans les pays sud-américains, ainsi que par l'essor de la Chine, qui détient désormais 36% de la production mondiale de fruits (**Giove et S. Abis 2007**).

3.4.2 Évolution de la superficie et de la production des vergers arboricoles en Algérie

Les vergers arboricoles couvrent au cours de la décennie 2000-2009 une superficie moyenne de 396 480 ha dont 39% ont été réservées aux vergers oléicoles, 30% pour les arbres fruitiers, 23% pour le verger phoenicicole et 8% pour les agrumes.

Cette superficie a connu une augmentation durant la période 2010-2017 de 47% par rapport à la décennie 2000-2009, dont la superficie de l'olivier a augmenté de 58%, les noyaux pépins avec 56% ,41% pour les agrumes et 20% pour le palmier dattier. Les niveaux de production des filières arboricoles ont connu une augmentation durant la période 2010-2017 par rapport à la décennie précédente (2000-2009) représentant : Les fruits à noyaux et à pépins avec 102%, Les olives 99%, Les agrumes 91%, Les dattes 82%. La production de la vigne a elle aussi connue une nette amélioration avec une évolution de + 75% entre les périodes 2010-2017 et 2000-2009 (**MADR 2018**).

La figure représente la production, la superficie et le rendement Agrumes durant la période (2015-2019), selon le graphique observé 2019 c'est l'année où la production et élevée estimé par 13 419 940 quintaux avec une superficie de 59 943 hectares et l'année 2016 où la production et faible estimé par 12 031 973 quintaux avec une superficie de 206.4 hectares.

3.5 Les dattes :

Le patrimoine algérien est de 19 millions de palmiers-dattiers et 54 variétés sur 170.000 ha dans 16 wilayas. Ils sont localisés dans le sud algérien, principalement dans les wilayas de Biskra, El Oued et Ouargla. L'Algérie est le 3^o producteur (pour la variété Deglet Nour, très prisée des consommateurs, le pays se situe même à la première place) et le 8^o exportateur mondial en 2018 (**MADR 2019**) Selon un rapport récent publié par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'Algérie a produit plus de 1,4 million de tonnes de dattes en 2022, ce qui représente une augmentation de 7% par rapport à l'année précédente. La figure représente la production, la superficie et le rendement des dattes durant la période (2015-2019), selon le graphique observé 2019 c'est l'année où la production et élevée estimé par 11 360 249 quintaux par contre l'année 2015 où la production et faible estimé par 9 903 770 qx.

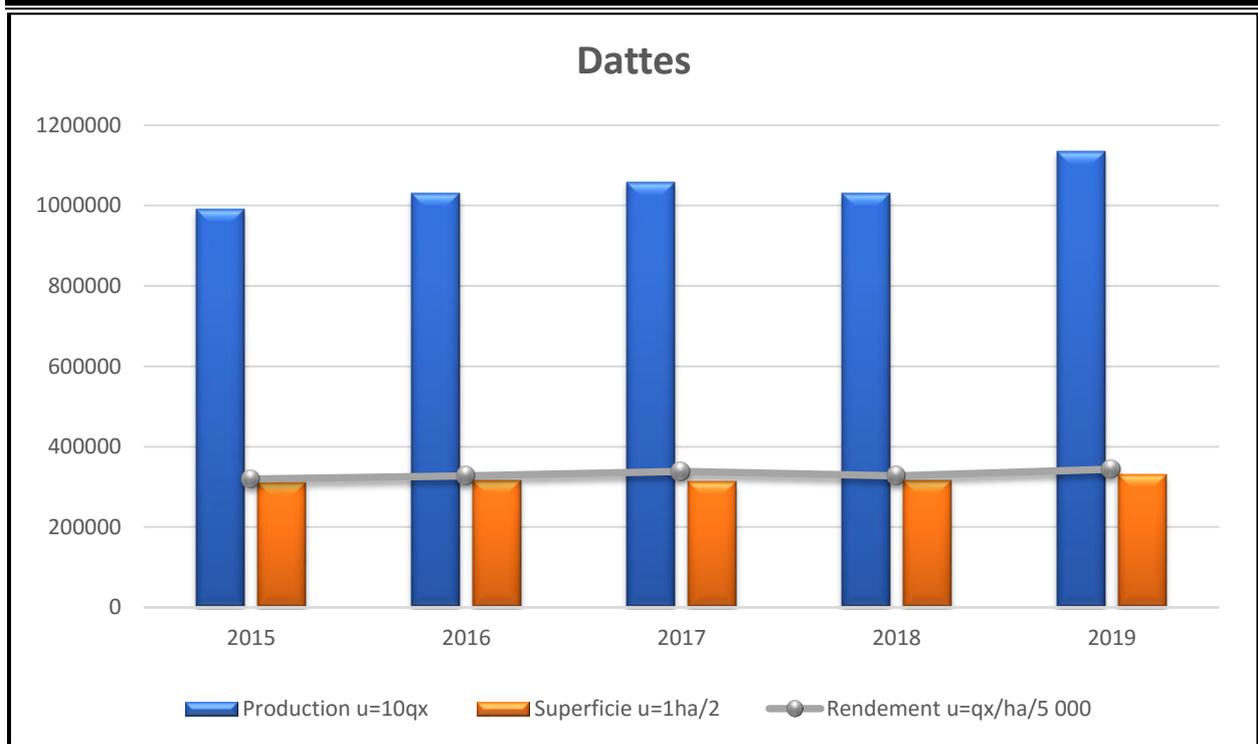


Fig. n° (08) : Histogramme de production, superficies, rendement des dattes années 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 (MADR 2016.2017.2019).

3.6 Les légumes secs :

La culture des légumineuses est une vieille tradition en Algérie qui remonte à l'Antiquité. Les Algériens cultivent depuis longtemps des légumineuses telles que les pois chiches, les lentilles et les haricots pour leur valeur nutritionnelle.

Aujourd'hui, la culture des légumineuses est toujours importante en Algérie, car elles fournissent une source essentielle de protéines végétales.

La province de Tlemcen, Chlef Guelma est l'une des plus importantes provinces productrices de légumineuses.

La figure représente la production, la superficie et le rendement Agrumes durant la période (2015-2019), selon le graphique observé 2019 c'est l'année où la production est élevée estimée par 1 362 293 quintaux avec une superficie de 119 217 hectares et l'année 2016 où la production est faible estimée par 773 105 quintaux avec une superficie de 77 408 hectares.

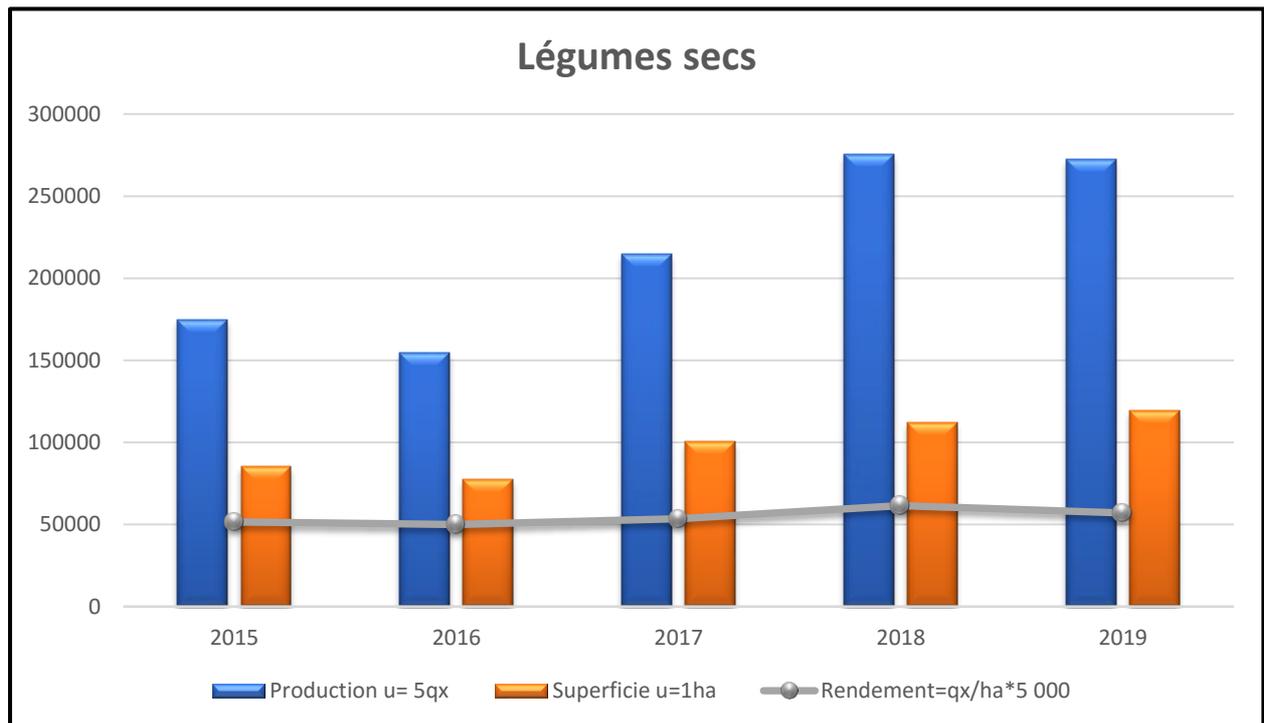


Fig. n° (09) : Histogramme de production, superficie, rendement des légumes secs années 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 (MADR 2016.2017.2019).

CHAPITRE II :

LA SÉCURITÉ

ALIMENTAIRE

1. Contexte générale :

Le problème de la sécurité alimentaire est l'une des préoccupations des responsables, et il figure en tête de liste des problèmes actuels dans de nombreux pays, en raison des pénuries alimentaires, de la malnutrition et de l'incapacité à répondre aux besoins alimentaires dans de nombreux pays du monde. Ce problème est devenu un signal d'alarme, et les pays qui en souffrent doivent trouver des solutions.

Selon un rapport de la **(FAO 2013)** a publié qu'il y a 842 millions de personnes souffrant de sous-alimentation, 12% de la population, dont 21,2% sur le continent africain et 3,7% en Afrique du Nord, malgré la richesse et les ressources naturelles du continent et la volonté de la plupart de ses pays mais ne parviennent pas à assurer la sécurité alimentaire de son peuple, parmi ces pays se trouve l'Algérie, le plus grand pays du continent, mais qui souffre toujours du problème de la sécurité alimentaire **(A. Benarab 2009)** in **(Z. Toudjeni 2014)**.

Selon Le Rapport de La **(FAO 2022)**, Il est difficile pour le monde d'éliminer l'insécurité alimentaire, la faim et la malnutrition, malgré tous les efforts, et cela est dû à de nombreux facteurs, qu'ils soient naturels ou économiques.

Pour lever cette pression, les pays doivent seulement éliminer ces obstacles en réduisant les prix et en s'attaquant aux coûts pour parvenir à une sécurité alimentaire permanente Complément. En plus la transformation des systèmes agroalimentaires.

2. Sécurité alimentaire :**2.1. Définition :**

La sécurité alimentaire correspond à la capacité pour toute personne de posséder à tout moment un accès physique et économique aux besoins alimentaires de base. Une stratégie nationale de sécurité alimentaire ne peut être envisagée sans assurer la sécurité alimentaire au niveau du foyer familial **(PAM 1989)** in **FAO**.

Une définition de la sécurité alimentaire a été adoptée lors du **Sommet Mondiale de l'Alimentation (FAO 1996)** : « La sécurité alimentaire existe lorsque tous les êtres humains ont, en tout temps, un accès physique et économique à une nourriture suffisante, saine et nutritive leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétiques et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active ».

2.2. Dimensions principales de la sécurité alimentaire :

2.2.1. Disponibilités suffisantes des produits alimentaires : La disponibilité alimentaire détermine le niveau de production alimentaire, les niveaux d'approvisionnement et le commerce net (FAO 2008).

2.2.2. L'accessibilité aisée de la population aux approvisionnements alimentaires : Les approvisionnements alimentaires, qu'ils soient nationaux ou internationaux, peuvent ne pas assurer la sécurité alimentaire, ce qui a amené les politiques à se concentrer sur tous les coûts de la réalisation de la sécurité alimentaire (FAO 2008).

2.2.3. L'utilisation biologique et rationnelle des aliments : L'utilisation appropriée des aliments fournit au corps suffisamment d'énergie et de nutriments (FAO 2008).

2.2.4. La stabilité spatio-temporelle des approvisionnements alimentaires : La mauvaise utilisation de la nourriture en plus des obstacles naturels tels que la sécheresse ou les inondations et l'instabilité politique, sociale ou économique tels que le spectre du chômage et des prix élevés des denrées alimentaires conduit également à l'insécurité alimentaire (FAO 2008).

2.3. Les principaux indices de mesures de la sécurité alimentaire :

La sécurité alimentaire est multidimensionnelle, et les spécialistes et experts ont cherché à trouver des outils pour la mesurer qui prennent ses aspects et se caractérisent par une crédibilité dans le temps et dans l'espace (M. Simon 1996).

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, le Fonds international de développement agricole, le Programme alimentaire mondial, l'UNICEF et la Banque mondiale se sont appuyés sur des indicateurs de base mesurés au niveau des ménages et des individus, représentés par deux ensembles d'indicateurs (E. Amouzou 2007).

2.3.1. Les indices de fréquence et de diversité alimentaire :

Ces indicateurs calculent la variété des aliments et la fréquence à laquelle ils sont consommés. Le résultat obtenu est représenté par la quantité n , qui se rapporte à l'apport calorique d'un individu.

2.3.2. Les indices de Comportement alimentaire :

Ces indicateurs analysent le comportement que le consommateur adapte pour assurer indirectement la sécurité alimentaire.

Le Programme alimentaire mondial a proposé une idée pour restaurer la sécurité alimentaire représentée par un indicateur qui mesure le score de consommation alimentaire (SCA). Cet indicateur basé sur la fréquence et la variété des aliments consommés au niveau des ménages pour déterminer la sécurité alimentaire dans les zones à risques (PAM 2009). Cet indicateur est estimé en pratique car il comptabilise la variété et la fréquence des aliments consommés au cours d'une semaine (7jours) est une caractéristique qui détermine sa plus très grande importance pratique.

2.4. Les Contraintes de La sécurité Alimentaire :

Malgré tous les obstacles, la question de la sécurité alimentaire et l'insistance à y parvenir est toujours d'une grande importance et un objectif primordial pour de nombreux pays. Parmi les obstacles qui s'opposent à cet objectif figurent les suivants :

2.4.1. Contraintes environnementale :

Ils sont principalement liés à la dégradation de l'environnement résultant principalement d'une diminution du pourcentage de terres agricoles ou de la dépendance des cultures aux facteurs climatiques.

A) Les fluctuations climatiques : Selon l'écologue (A. Knight 2005) « La menace environnementale est la menace posée par la modification de l'environnement naturel et la détérioration qui en résulte, qui se répercute négativement sur les conditions de vie des personnes et met en péril la sécurité humaine. »

La menace environnementale associée au ciel indique le phénomène du changement climatique, comme la température, la précipitation, le vent.

Le dérèglement climatique affecte directement ou indirectement l'activité humaine (UNFCCC 1992), Ces changements climatiques affectent le volume de la production alimentaire, en particulier le phénomène de la sécheresse, les ouragans, les inondations, la désertification et l'érosion des sol (KH. Touati 2019).

« Les fluctuations de température sous les tropiques constituent une menace pour l'agriculture "assèchent le sol" et affectent les humains, L'économie menace aussi les espèces végétales et animales » (KH. Touati 2019).

B) Désertification : Elle est également considérée comme une catastrophe qui affecte la vie des individus et menace les moyens de subsistance. Surtout dans les pays africains, il en résulte une

baisse de la capacité productive des terres, les transformant en zones désertiques, et menaçant ainsi la sécurité alimentaire (**Z. Raoua 2009**).

C) La sécheresse : est un aléa naturel causé par des précipitations faibles ou nulles, ce qui entraîne une pénurie de ressources en eau, ce qui entraîne de mauvaises récoltes, faible production et la destruction de la vie végétale et animale. En Afrique, après la mort du bétail, les taux de malnutrition ont augmenté en raison de l'interruption des revenus alimentaires. Considérer le bétail comme la richesse dont dépendent certains groupes sur le continent (**KH. Touati 2019**).

Tableau n° (04) : Conflits et chocs climatiques associés aux situations de crise alimentaire en 2016 (FAO 2017).

Pays	Les effets négatifs du climat sur la sécurité alimentaire	Personnes (million)
Afghanistan	Inondations, glissements de terrain en hiver, sécheresse	8.5
Burundi	Phénomène El Niño	2.3
Afrique centrale	inondations locales	2.0
Congo	Phénomène El Niño	5.9
Somalie	Sécheresse liée au phénomène El Niño	2.9
Irak	Sécheresse	1.5
le sud du Soudan	Sécheresse et inondations	4.9
Soudan	Phénomène El Niño	4.4
Syrie	Sécheresse à Alep, Idlib et Homs	7.0
Yémen	inondations et fortes pluies; et cyclones tropicaux	14.1
le total	53.5	

Le tableau montre que plus le nombre de catastrophes naturelles liées au changement climatique est élevé, Comme on le voit dans l'État du Yémen, il a été soumis à des chocs liés au climat, tels que des inondations et de fortes pluies. Cyclones tropicaux Ce qui s'est traduit par une situation de crises alimentaires assez élevée 14,1 millions de cas, Comparé à l'Irak, qui a connu le phénomène

de la sécheresse, le pourcentage de cas de crises alimentaires est faible par rapport au Yémen. (1.5 millions de cas).

Notamment que plus il y a de chocs ou de catastrophes naturelles, qu'elles soient liées au climat ou non, plus les crises alimentaires sont graves.

2.4.2. Les contraintes démographiques

Le facteur démographique humain est également l'un des obstacles à la sécurité alimentaire. La croissance démographique de la population dépasse les taux de production alimentaire, en particulier dans les pays en développement. Cette exacerbation conduit à la surpopulation et à l'expansion de l'urbanisation au détriment des terres agricoles et à une augmentation de la demande alimentaire (**J. Braun 1995**). L'augmentation de la population affecte l'alimentation à travers trois aspects :

- **Aspect quantitatif** : plus la taille de la population est grande. La demande de nourriture a augmenté. Selon le diplomate français **Brice Lalonde**, il est difficile d'atteindre la sécurité alimentaire avec l'augmentation de la population, qui augmentera encore plus en 2030 (**S. Kamoumia et A. Benadda 2018**).
- **Aspect qualitatif** : c'est la culture de la consommation. Chaque fois qu'une personne est consciente et éduquée, elle s'éloigne de la consommation aléatoire et du gaspillage. L'utilisation rationnelle a également un rôle dans la disponibilité de la nourriture et l'égalité entre les membres de la société (**S. Kamoumia et A. Benadda 2018**).
- **Aspect distributionnel** : la théorie de la répartition de la population, la plupart des pays assistent au déplacement rural de la population à la recherche d'un meilleur niveau de vie, ce qui entraîne une pénurie de main-d'œuvre dans le secteur agricole et leur transfert vers d'autres secteurs et la négligence des terres agricoles, ce qui rend la production agricole dans déclin et réduit le volume de nourriture (**S. Kamoumia et A. Benadda 2018**). L'équilibre entre la population et le taux de demande alimentaire est nécessaire au maintien du niveau de vie de l'individu, et il est possible, en plus d'autres facteurs, d'assurer la sécurité alimentaire.

2.4.3. Les Contraintes économiques :

La situation économique de l'État affecte également à son tour la sécurité alimentaire. La faiblesse de l'économie de l'État laisse derrière elle un déficit dans la sécurisation et l'approvisionnement alimentaire, ce qui entraîne d'autres fléaux pour la société (**KH. Touati 2019**) Le retard économique est représenté dans :

- Secteur industriel faible.
- Un caractère agricole arriéré et sa dépendance à une culture spécifique.
- Dépendance économique et instabilité économique.
- Taux de chômage élevé et main-d'œuvre peu qualifiée.
- L'augmentation de la population, qui à son tour fait baisser le revenu par habitant.
- Un revenu national faible et sa mauvaise répartition (**W. Roudni 1998**).

Chaque fois que l'économie d'un pays est faible et corrompue dans son secteur, plus cela se traduit par une détérioration du secteur agricole d'une part, un retard dans ce pays et la propagation de la pauvreté, Ce qui le rend moins développé et incapable de subvenir aux besoins alimentaires de sa population.

2.4.4. Les Contraintes Politiques :

La situation politique des pays menace et entrave la sécurité alimentaire. Chaque fois qu'un pays souffre de conflits et de guerres, dont il est témoin sont répandus dans de nombreux pays, son économie est également affectée, ce qui à son tour affecte la sécurité alimentaire, selon **l'Organisation des Nations Unies 2018**. « Un tiers des personnes dans le monde qui souffrent de la faim vivent dans des pays Il est exposé aux conflits et aux guerres » qui à leur tour entravent les activités des individus, en particulier ceux qui pratiquent l'agriculture, car cela entrave le transport, le commerce et les marchés, et conduit à la migration des individus. Tout cela nuit à la sécurité alimentaire. Selon **Le rapport mondial sur la crise alimentaire 2017** « Un grand nombre de personnes quittent leur pays, qui connaît des conflits et des guerres », D'après les données de **l'Organisation des Nations Unies** pour l'alimentation et l'agriculture, les conflits en Afrique de 1970 à 1997 ont causé des pertes de production agricole d'une valeur de 52 milliards de dollars **in (KH. Touati 2019)**.

3.Modèle de FIES développé par la FAO :

La FAO a annoncé en mai 2013 un projet intitulé « The Voice of Hunger » (**Coates 2013**) a été lancé, qui sera échelonné sur 5 ans. L'objectif est de créer un nouveau modèle standard approuvé par l'Organisation de surveillance de la sécurité alimentaire et de fournir des données aux programmes nationaux et internationaux. L'expérience de l'insécurité alimentaire l'échelle est développée. Ce système s'appuie également sur un suivi réalisé sur un groupe de familles en posant 7 questions sur une période de 12 mois. A un moment donné au cours des 12 derniers MOIS, vous êtes-vous trouvé(e) dans une situation où, faute d'argent ou d'autres moyens :

1. vous avez eu peur de ne plus avoir assez à manger ?

2. vous ne pouviez pas manger des aliments nourrissants et bons pour la santé ?
3. vous mangiez presque toujours la même chose ?
4. vous avez dû sauter un repas ?
5. vous n'avez pas mangé autant qu'il aurait fallu ?
6. il n'y avait plus rien à manger à la maison ?
7. vous aviez faim mais vous n'avez pas mangé ? (**A. Bekhti 2017**).

4. La sécurité Alimentaire en Algérie :

L'Algérie à l'instar des pays en voie de développement, a recentré le concept de sécurité alimentaire à travers des mesures institutionnelles et administratives visant à améliorer l'accès des populations à une nourriture abondante tant en quantité qu'en qualité. Différentes actions ont été entreprises depuis que le concept de la sécurité alimentaire a pris le dessus sur le concept de l'autosuffisance alimentaire. Les différents plans initiés ont pris en compte ce concept dans toute stratégie de développement national (**M. Moussaoui et al 2003**) in (**H. Masbah et Y. Boulfred 2019**).

Selon le programme alimentaire mondial L'Algérie C'est le premier pays en Afrique en matière de sécurité alimentaire et parmi les pays dans le taux des personnes sous-alimentées est inférieur à 2,5 % de la population totale durant la période 2018-2020 Mais Toujours souffrant du problème de la sécurité alimentaire

Tableau n° (5) : Production alimentaire, exportations et importations alimentaires pour les années 1980-2008 (FAO 2008 in (R. Ghrab 2015).

Année	Production alimentaire	Exportations alimentaires	Importations alimentaires	Carence nutritionnelle	Taux de croissance de l'écart
1980	1457892	50254	1821955	1771701	-
1984	1371968	71955	1872209	1800254	0.9402
1988	1907799	26006	1697653	1671647	0.8391
1992	1978967	49987	2168531	2118544	0.7186

1996	2267752	96240	2280319	2184079	1.3805
2000	2278101	38873	2358144	2465852	1.0805
2004	2735493	80070	3519664	2346317	1.0217
2008	3255476	102597	3604459	4551412	-

Selon le tableau, la production alimentaire s'est développée de manière croissante et turbulente. La production vivrière n'est pas suffisante pour répondre à la demande alimentaire locale, car les importations dépassent le volume de la production nationale, ce qui explique la gravité du déficit alimentaire et son danger pour la sécurité alimentaire. Quant au volume des exportations, il est faible par rapport aux importations.

L'Algérie est considérée comme l'un des pays en développement qui souffrent d'un déficit dans la réalisation de la sécurité alimentaire, en particulier dans la période récente, la dépendance aux importations alimentaires de l'étranger étant devenue l'une des caractéristiques de l'économie algérienne, qui a accru l'ampleur de sa dépendance. À l'étranger. C'est ce qui a poussé l'Algérie à poursuivre une politique de développement du secteur agricole comme solution pour sortir de cette crise.

4.1. Évolution de la gouvernance de la sécurité alimentaire :

L'Algérie est considérée comme l'un des pays en difficulté pour atteindre la sécurité alimentaire, ce qui l'a amenée à poursuivre une politique de développement agricole durable. (PNDA) Depuis les années 90, cependant, la distance pour atteindre l'objectif est encore longue. En raison d'un certain nombre d'obstacles auxquels le pays est confronté, en plus du contexte de mondialisation, qui a affecté négativement la souveraineté alimentaire. Elle est définie comme « le droit des peuples ou des Etats à définir librement les politiques agricoles les mieux adaptées à leurs besoins sans créer de préjudices aux autres pays » (**Déclaration de Rome à l'issue du Sommet Mondial sur la sécurité alimentaire mondiale de novembre 1996**) Ce qui fait que les populations ne pensent pas seulement à sécuriser leur alimentation, mais déterminent plutôt la politique agricole qui leur convient et répond à leurs besoins. En plus de cela, le problème de la dépendance économique, car l'Algérie a connu une situation économique faible pour un certain nombre de raisons représentées dans :

- Restructuration d'entreprise

- L'endettement auprès du Fonds monétaire international (FMI), qui a fait pression sur lui pendant cette période et lui a imposé un régime fiscal monétaire et budgétaire strict
- Inflation démographique accélérée
- Baisse de la valeur de la monnaie nationale

Le système de filets sociaux a été mis en place en 1992 pour compenser et soutenir les groupes défavorisés en raison de leur perte de pouvoir d'achat. Des réformes ont également été menées en 2008, mais elles ont également échoué. Cela est dû au manque de terres agricoles. Malgré tous les améliorations, le développement agricole n'a pas connu le développement requis et l'écart entre les besoins et la production s'est creusé, en raison de la stagnation de l'agriculture due à la reprise démographique (M. Harrag et Y. Boulfred 2019).

Atteindre l'objectif de sécurité alimentaire représente un défi majeur, aussi les avis des experts variaient-ils sur la possibilité de progrès technologique ou de production agricole et d'expansion des surfaces cultivées pour améliorer la production alimentaire et répondre à la demande (M. Harrag et Y. Boulfred 2019).

Les pays, dont l'Algérie, cherchent à protéger les terres agricoles, considérant la production agricole comme un facteur important pour atteindre la sécurité alimentaire, en plus de faire face aux coûts tels que les revenus et les dépenses, ainsi que les prix des denrées alimentaires. Plus le revenu individuel est bas et plus les prix alimentaires sont élevés, plus la détérioration se produit et plus il est difficile d'atteindre la sécurité alimentaire. :

Dans le cadre du Programme Mondial de Lutte contre la Faim, en complément de l'Objectif de Développement Durable 2030 adopté en 2015, dont les objectifs sont les suivants :

- **Doubler la productivité agricole et les revenus des petits producteurs alimentaires** : Grâce à l'égalité entre tous les groupes pour bénéficier des terres, des ressources et d'autres services, qu'ils soient financiers ou d'emploi et d'autres facteurs de production
- **Assurer la viabilité des systèmes de production alimentaire** : Cela signifie la bonne utilisation des terres dans le but d'augmenter la production et de préserver les systèmes environnementaux et de les rendre capables de s'adapter à toutes les conditions, qu'elles soient climatiques et météorologiques ou de catastrophes naturelles, en plus de rendre la terre et le sol de bonne qualité.
- **Préserver la diversité génétique** : Préserver les semences et les cultures en mettant à disposition des banques de semences, gérer les plantes et les diversifier au niveau national ou international... Ici, chaque pays fait face à ses propres capacités naturelles ou humaines pour

favoriser le développement agricole durable sans attendre l'aide d'un autre pays (**M. Harrag et Y. Boulfred 2019**).

5. Développement Agricole Durable

Le développement agricole durable, qui vise à améliorer et à augmenter durablement

La production, peut être une solution radicale au problème de la sécurité alimentaire.

5.1 Définition de développement agricole durable :

« C'est la bonne gestion des ressources naturelles qui permet à l'agriculture de répondre à l'évolution des besoins humains tout en préservant ou en augmentant si possible ces ressources (**R. Ghorab 2015**).

5.2 Les Objectifs de développement agricole :

Tels que décrits par la Fédération internationale des organisations d'agriculture durable. (**FIDA**)

- Produire une nourriture suffisante pour la population de qualité et de valeur nutritionnelle qui ne contient pas de produits chimiques.
- Amélioration et préservation de la qualité des sols.
- Soutenir les agriculteurs, leur fournir toutes les nécessités et les éduquer sur la nécessité d'utiliser des engrais organiques au lieu d'engrais chimiques.
- Réduire la pollution affectant le système agricole.
- Organiser les relations entre producteur et consommateur (**R. Ghorab 2015**).
- Parvenir au développement économique (**I. Mostafa et al., 2007**).
- Préserver les ressources naturelles et les ressources en eau (**I Mostafa et al., 2007**).

5.3 Les Politiques de développement agricole durable :

Il s'agit d'un ensemble de décisions et d'orientations adoptées par l'État afin de fournir de la nourriture.

5.3.1 Politique de soutien et de protection de l'agriculture :

En préservant les intérêts des agriculteurs et en augmentant leurs revenus, en plus de limiter Déplacement rural, de contrôler les facteurs de production agricole, et de contrôler les prix, les produits et les ressources agricoles par :

- **Procédures internes :** en soutenant le producteur d'une part en garantissant son droit de fixer le prix de ses produits et la capacité de l'Etat à gérer le prix pour garantir le droit du consommateur d'autre part.
- **Mesures aux frontières :** en subventionnant les exportations agricoles et en rationnant les importations (S. Wazzan.1998).

5.3.2 Politiques de gestion des ressources en eau :

Considérant que l'eau est un facteur important dans l'activité du secteur agricole, de sorte que l'agriculture consomme environ 90 % dans certains pays de la consommation totale d'eau, cette politique a donc été adoptée dans le but d'accroître l'efficacité de l'utilisation ressources en eau et rationaliser sa consommation et adopter toutes les méthodes appropriées pour augmenter la productivité de l'eau agricole Indemnisation des dommages au sol, bonne gestion pour conserver les ressources en eau et utilisation des méthodes d'irrigation pour conserver l'eau en diffusant la culture de l'utilisation de l'eau d'irrigation (A. Awad Al-Bash 2009).

5.3.3 Politique des prix agricoles :

Elle se fait en fixant les prix des produits agricoles afin d'assurer la stabilité des prix sur le marché, en tenant compte de toutes les catégories (M. Abu Al Saïd et al., 2006).

Selon Mohamed Faouzi Abu Al Saïd 2006, parmi les méthodes de tarification des cultures agricoles figurent les suivantes :

- **Tarification du marché :** Détermination des prix en étudiant le marché local (offre et demande). Le stockage des produits agricoles est important dans la formation du prix du marché libre qui varie d'une saison à l'autre, dans lequel le prix des produits est plus bas pendant les périodes de récolte et plus pendant les autres saisons.
- **Tarification gouvernementale :** ici, le gouvernement intervient dans la fixation des prix afin d'assurer la stabilité et de réguler le mouvement commercial interne pour atteindre l'autosuffisance.

5.3.4 Politique de crédit et d'investissement agricole :

Il s'agit des politiques de financement du développement de l'économie dans le secteur agricole en favorisant les opportunités d'investissement et en contribuant à les préparer à la croissance et à la stabilité de la production agricole (**Rapport annuel de développement agricole durable 2007**)

5.3.5 Politique de commercialisation agricole :

Il s'agit de programmes de commercialisation ciblés pour une certaine période de temps, la nature de ces programmes est fonction de la nature de l'objectif qu'ils servent (**R. Kasuri 2012**).

5.3.6 Politique d'agriculture biologique :

Le recours de certains pays à une politique de culture spécifique sur des terres de grande superficie, en plus de l'utilisation inconsidérée et excessive d'engrais chimiques, nuit à l'environnement d'une part, et à la santé du consommateur d'autre part. l'autre main.

Par conséquent, cette méthode doit être évitée et remplacée par une agriculture biologique qui préserve l'environnement et s'appuie sur des ressources renouvelables loin des produits chimiques, des pesticides, des conservateurs, etc., une bonne gestion des cultures (**Z. Al-Ashram 2007**), et évite les produits génétiquement modifiés (**OGM**) pour augmenter la production (**A. Souki 2009**).

5.3.6.1. Méthodes d'agriculture biologique:

L'agriculture biologique repose sur les fondements et principes représentés dans (**G. Allard et al., 1999**) :

- Utiliser les déchets agricoles et les déchets animaux comme engrais.
- Réduire la modification génétique.
- Maintenir l'équilibre naturel entre le sol et la plante.
- Exploitation de la main-d'œuvre.

5.3.7 Politique Biodiversité et Protection des Forêts :

En soutenant la biodiversité ainsi que la protection des espèces menacées et l'égalité en participant à l'utilisation de sujets humains dans cette politique (**Revue Environnement et Développement 2002**).

5.3.8 La politique de valorisation du rôle des femmes dans la production agricole

Et cela dépend principalement de l'éducation des femmes pour augmenter la production en tant que pionnières dans le secteur agricole, et les rendre égales aux hommes dans des privilèges tels que le droit à la propriété foncière, à travers (**F. Lokort.2008**) :

- Fournir les ingrédients nécessaires à la réussite du projet de développement des femmes rurales et lui allouer un capital clair sur le budget de l'État.
- Intensifier les relations et les efforts pour la promotion de la femme rurale.

Conclusion :

La sécurité alimentaire est un problème dont souffrent de nombreux pays, en particulier les pays en développement, et cela est dû aux obstacles et aux défis qui ont toujours augmenté la distance pour atteindre l'autosuffisance.

Cependant, ces pays ne sont pas restés les bras croisés, mais se sont empressés d'adopter de nombreuses stratégies et méthodes pour se débarrasser de la dépendance de leur économie vis-à-vis de l'extérieur, qui menace l'économie et la dignité des peuples. Parmi ces stratégies figure la politique de développement agricole durable, qui joue un rôle prépondérant dans la réalisation de la sécurité alimentaire, qui est le cauchemar terrifiant de ces pays.

CHAPITRE III :
AGRICULTURE
DE PRÉCISION ET
TÉLÉDÉTECTION

1. Contexte générale :

L'agriculture fournit la plupart des besoins alimentaires de la population, dont le nombre ne cesse d'augmenter, car c'est un secteur très important dans l'économie et le revenu national. De nombreux pays souffrent de problèmes dans ce secteur. Outre l'objectif de répondre aux besoins de la population pour se nourrir, il y a des préoccupations liées à l'environnement, à la santé des individus et à la qualité de la nourriture. Plus le produit est de haute qualité plus le revenu de l'agriculteur augmente, ce qui contribue à la pérennité de cette agriculture.

Les problèmes rencontrés par l'agriculture, qui ont conduit à une production agricole médiocre en termes de quantité et de qualité, sont causés par des méthodes agricoles traditionnelles dans lesquelles l'agriculteur s'appuie sur l'aléatoire et la mauvaise gestion dans ses interventions sur le territoire. Cela a conduit à l'émergence du concept d'agriculture de précision "intelligente", dont le principe est représenté par une intervention de précision et étudiée en matière d'engrais, de pesticides, d'irrigation et d'autres interventions agricoles, en tenant compte du temps, de la quantité et du lieu approprié afin d'améliorer les rendements et les augmenter avec le moins d'efforts et de coûts.

Il a largement augmenté son utilisation aux Etats-Unis en particulier ces dernières années (B. Erickson et D. Widmar 2015; D. Schimmelfennig 2016; C. Torrez et al., 2016; Zhou et al., 2017), avec des résultats variables, mais le taux d'adoption a considérablement augmenté au cours des deux dernières décennies.

Selon l'enquête 2010 de l'USDA sur la gestion des ressources agricoles (ARMS), les plus grandes fermes américaines utilisaient respectivement 80 %, 84 % et 40 % de la cartographie des sols, du rendement, du guidage par le GPS (D. Schimmelfennig 2016).

C'est un avantage pour les agriculteurs, car il leur donne des techniques agricoles utiles aux coûts les plus bas.

2. Agriculture de précision :

Ce concept signifie une gestion agricole qui s'appuie sur des technologies modernes dans la gestion du secteur agricole afin d'augmenter et d'améliorer la production. Par exemple, au lieu de mettre des engrais dans tout le champ en une seule fois, ce qui l'affecte négativement à cause du caractère aléatoire. L'agriculture de précision, avec ses techniques numériques, étudie tous les changements de conditions, que ce soit au niveau de chaque plante ou au niveau de la météo, du sol, des

ressources en eau, etc., pour déterminer le moment, la quantité et le lieu approprié pour chaque échantillon (**EPRS STOA 2016**).

Le but de l'agriculture de précision est d'améliorer la qualité de la production et d'augmenter le rendement en réduisant les coûts des engrais, des pesticides et de l'eau. Il travaille également à réduire la pollution et à protéger l'environnement et les terres utilisées ; Il aide beaucoup les agriculteurs dans leurs tâches en s'appuyant sur des technologies modernes telles que la télédétection, dont nous parlerons plus tard, le système d'information géographique, les satellites, L'informatique, les drones et divers types de capteurs. Toutes ces méthodes économisent du temps, des coûts et de la fatigue physique pour l'agriculteur.

L'agriculture de précision est avant tout une nouvelle façon d'aborder l'agronomie, plus exigeante que la manière traditionnelle en ce sens qu'elle nécessite de se poser des questions nouvelles, de réfléchir différemment et de prendre des décisions qui sont bien plus élaborées que les décisions habituellement prises (**G. Grenier 2018**).

Le slogan qui résume bien l'agriculture de précision est La bonne dose, au bon endroit et au bon moment (**3B**) Sous cette apparente simplicité se cachent des problèmes nouveaux relativement complexes :

- **La bonne dose** : par exemple, il ne s'agit plus de définir une dose d'azote pour la parcelle entière, mais des doses différentes adaptées au besoin de chacune des zones de la parcelle. Comment calculer ces différentes doses et sont-elles très différentes de la dose habituelle ?
- **Au bon endroit** : ce n'est plus la parcelle mais des zones intra parcellaires qui vont être traitées. Comment délimiter ces zones et selon quels critères, est-ce que ces zones seront les mêmes années après année ou selon les intrants ?
- **Au bon moment** : en effet, la variabilité intra parcellaire amène aussi à se poser des questions sur la réalisation des travaux. Est-ce que tous les travaux devront être réalisés à la même date dans la parcelle ou faits en plusieurs fois selon l'avancement de la maturité, est-ce qu'il faut séparer la récolte selon l'état de maturité (**G. Grenier 2018**).

2.1. Les Perspectives de L'agriculture de Précision :

- Aide à réaliser la sécurité alimentaire et les produits sains afin de fournir des solutions grâce aux technologies pour augmenter les rendements en fournissant à toutes les conditions et à une bonne gestion des ressources et à l'amélioration de la santé des plantes grâce à l'utilisation appropriée des engrais, de pesticides, d'eau, ... etc.

- Soutenir et promouvoir des pratiques agricoles plus durables Les techniques modernes d'agriculture de précision ont déjà été utilisées dans de nombreux pays et leurs effets positifs ont été observés, ce qui permet d'obtenir des gains de productivité de manière durable.
- Faire évoluer les sociétés, notamment agricoles, en améliorant les conditions et les pratiques de travail des agriculteurs, en plus de créer de nouveaux modèles économiques pour l'agriculture.
- Agriculture de précision Apprendre et développer des compétences telles que des compétences technologiques en apprenant divers programmes (utilisation des robots, drones, sciences informatiques, imagerie par satellite, Travail avec les données ... etc.) en plus des compétences environnementales (des connaissances des systèmes environnementaux et plus d'expérience dans le domaine des plantes et de l'agriculture), en plus d'une expérience en gestion (gestion et commercialisation) (**L. Woensel et Darja EPRS 2015**).

2.2. Fonctions de l'agriculture de précision :

Selon **R. SADDEM 2019** L'agriculture de précision peut être considérée comme une stratégie de gestion du secteur agricole et d'amélioration des rendements sur la base de cinq fonctions :

- a. L'observation :** Le constat est d'obtenir des données liées aux terres agricoles grâce aux technologies modernes à partir de capteurs, de télédétection.
- b. La caractérisation :** En convertissant les différentes données obtenues en informations agricoles.
- c. La préconisation :** Fournir des conseils techniques basés sur des informations agricoles précédemment transférées.
- d. L'application :** c'est L'intervention correcte par l'opérateur après l'étude.
- e. Le référencement spatial :** c'est la fonction centrale qui permet de spatialiser les données récoltées, les informations agronomiques et l'application de la préconisation.

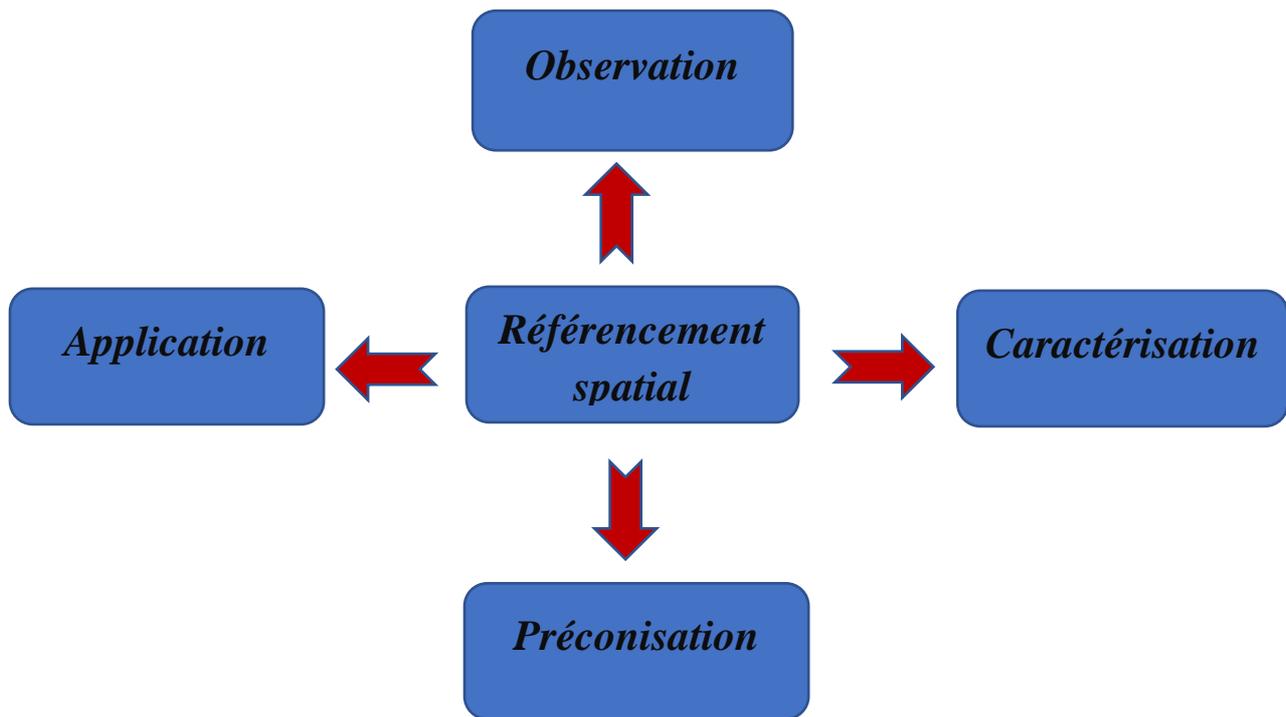


Fig. n° (9) : Les Fonctions de L'agriculture de Précision (R. SADDEM 2019).

3. Les Nouvelles Technologies De L'agriculture de Précision :

3.1. La Télédétection :

Les méthodes agricoles sont devenues traditionnelles et incapables de comprendre leur réalité, mais les changements technologiques et scientifiques des 30 dernières années sont devenus dignes d'une meilleure gestion de l'agriculture ainsi que d'autres domaines.

Par exemple, le SIG travaille à développer des études spatiales, telles que la technologie de télédétection et l'informatique (MEC 1999).

Le système de télédétection est utile à plusieurs égards en tant qu'outil de recherche et de collecte de données rapides, précises et de qualité, mais aussi en tant qu'outil d'aide à la décision de par sa couverture spatiale et temporelle (B. Rhoads 2004 et S. Doreen 2009).

Au milieu du XIXe siècle, ce fut la première expérience de photographier la Terre depuis un ballon comme tentative préliminaire. Les études se sont développées jusqu'en 1972, de sorte que le monde a été témoin du premier satellite à visée de télédétection, qui fournit des images et de la vision de la Terre depuis l'espace à une altitude d'environ 700 km en un minimum de temps. Ainsi, la majorité des pays ont pris en compte la nécessité de posséder des satellites équipés de capteurs

actifs ou passifs. La télédétection est un outil d'analyse d'inventaire ainsi qu'un outil de prédiction et d'aide à la décision (**Dj. Mokadem 2018**).

La télédétection s'avère être un outil adapté pour apprendre à travailler et analyser l'évolution des plantes. Grâce aux satellites, il est possible de cartographier le couvert végétal à différentes échelles temporelles et spatiales (**A. Abdelbaki 2012**).

Selon l'**UVED (2008)**, ils permettent également d'estimer le rayonnement solaire global, ainsi que certaines caractéristiques du couvert végétal, comme la quantité de biomasse, ou la fraction du travail de rayonnement photosynthétique. Outil permettant de mieux comprendre les processus physiques et biologiques qui contrôlent la diversité des écosystèmes végétaux, les données visuelles permettent également de connaître les conséquences d'éventuelles modifications de la répartition du couvert végétal, et de mettre en place des solutions de gestion durable.

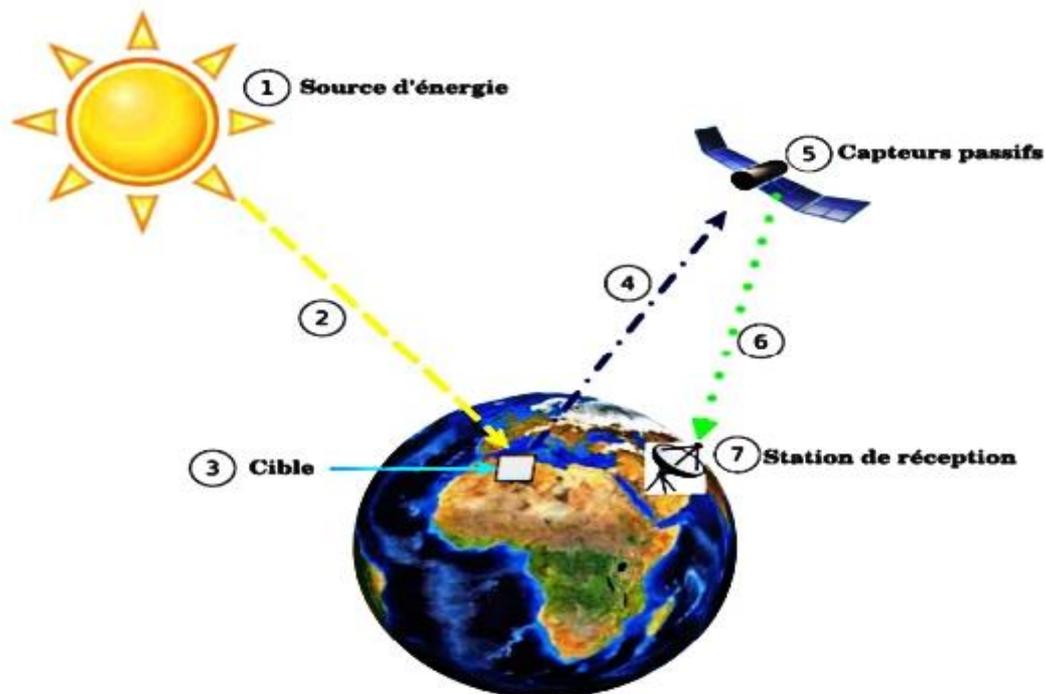


Fig. n° (10) : Processus de Télédétection. (H. Chadli 2017).

3.1.1 Définition de la télédétection :

Selon (**CCT 2015**) la télédétection est définie comme suit : « La télédétection est la technique qui, par l'acquisition d'images, permet d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et à analyser l'information, pour ensuite mettre en application cette information. ».

Selon (S. KAMEL 2005) : « La télédétection est une technique qui permet, à l'aide d'un capteur, "d'observer" et d'enregistrer le rayonnement électromagnétique, émis ou réfléchi, par une cible quelconque sans contact direct avec celle-ci. Le traitement et l'analyse des informations véhiculées par le rayonnement enregistré permettent d'accéder à certaines propriétés de cette cible : géométriques (position, forme et dimensions), optiques (réflexion, transmission, absorption, etc.) et physico chimiques (température, teneur en eau, chlorophylle foliaire, phyto-masse, matière organique du sol), etc. ».

3.1.2. Les différentes étapes de la télédétection :

Selon (A. HABBA et O. ISHAK 2019) le processus de la télédétection se résume dans les étapes suivantes :

- **Source d'énergie ou d'illumination (A):** A l'origine de tout processus de télédétection se trouve nécessairement une source d'énergie pour illuminer la cible.
- **Rayonnement et atmosphère(B) :** Durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, le rayonnement interagit avec l'atmosphère. Une seconde interaction se fait dans le trajet entre la cible et le capteur.
- **Interaction avec la cible(C) :** Une fois parvenue à la cible, l'énergie interagit avec la surface de celle-ci. La nature de cette interaction dépend des caractéristiques du rayonnement et des propriétés de la surface.
- **Enregistrement de l'énergie par le capteur (D):** Une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée à distance par un capteur pour être enfin enregistrée.
- **Transmission, réception et traitement (E):** L'énergie enregistrée par le capteur est transmise souvent par des moyens électroniques à une station de réception où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques).
- **Interprétation et analyse (F):** Une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est ensuite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible.
- **Application(G) :** Lorsque l'on exploite l'imagerie satellitaire pour observer certaines caractéristiques ou certains événements particuliers, on peut parler d'applications du satellite. (S. Alkahili 2004).

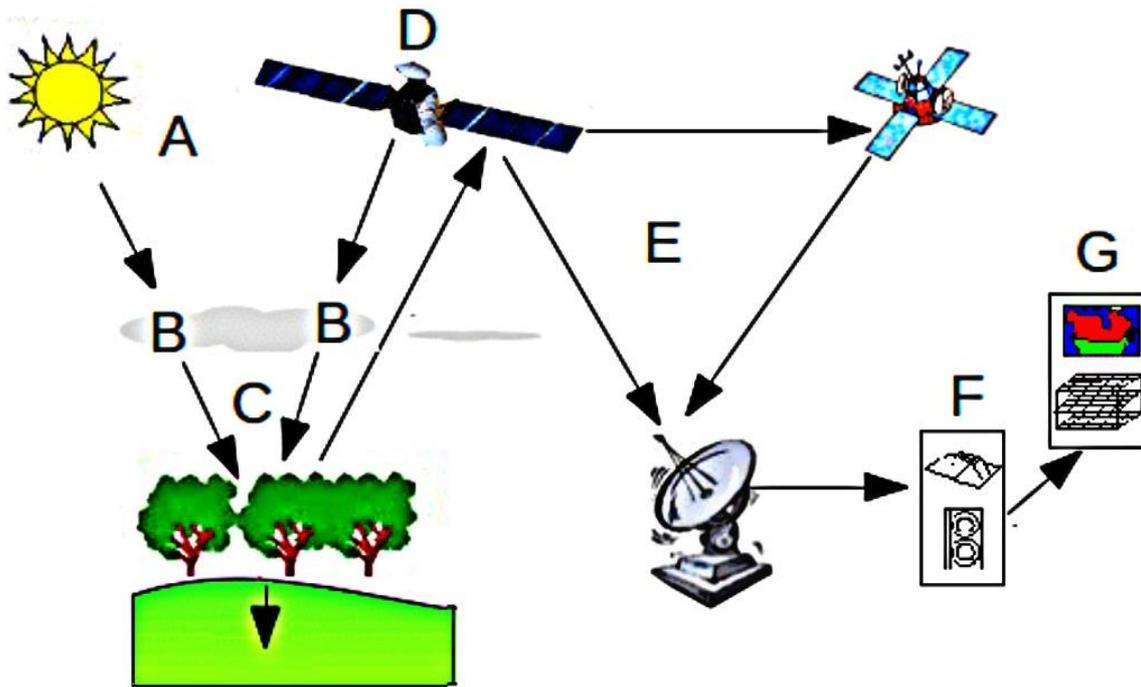


Fig. n° (11) : Les étapes de Télédétection (A. HABBA et O. ISHAK 2019).

3.1.3. Les Types de La Télédétection :

On peut distinguer deux types de télédétection, « actif » et « passif » :

3.1.3.1. La Télédétection Passive :

La télédétection passive repose sur l'énergie naturelle, la lumière du soleil, par exemple, réfléchi par la surface de la terre (A. Abdelbaki 2012).

Procédés passifs ou optiques selon la source d'éclairage ou Sources d'énergie (principalement le soleil), sans lesquelles il serait impossible d'obtenir une image claire de la surface de la terre. Les objets éclairés réfléchissent le rayonnement de différentes longueurs d'onde, qui peuvent être interceptées par des capteurs satellites. La disponibilité des sources d'éclairage ne suffit pas pour obtenir une bonne image. En fait, les nuages, la fumée volcanique et les incendies de forêt, la télédétection passive est utilisée dans plusieurs domaines, dont la cartographie et l'agriculture (Dj. Mokadem 2018).

L'acquisition passive lorsque le rayonnement électromagnétique provient d'une source naturelle telle que le soleil. Le rayonnement est réfléchi par la surface de la Terre dans les longueurs d'onde visible et proche infrarouge appartenant au domaine optique (Ch. Ben Khalfallah 2019).

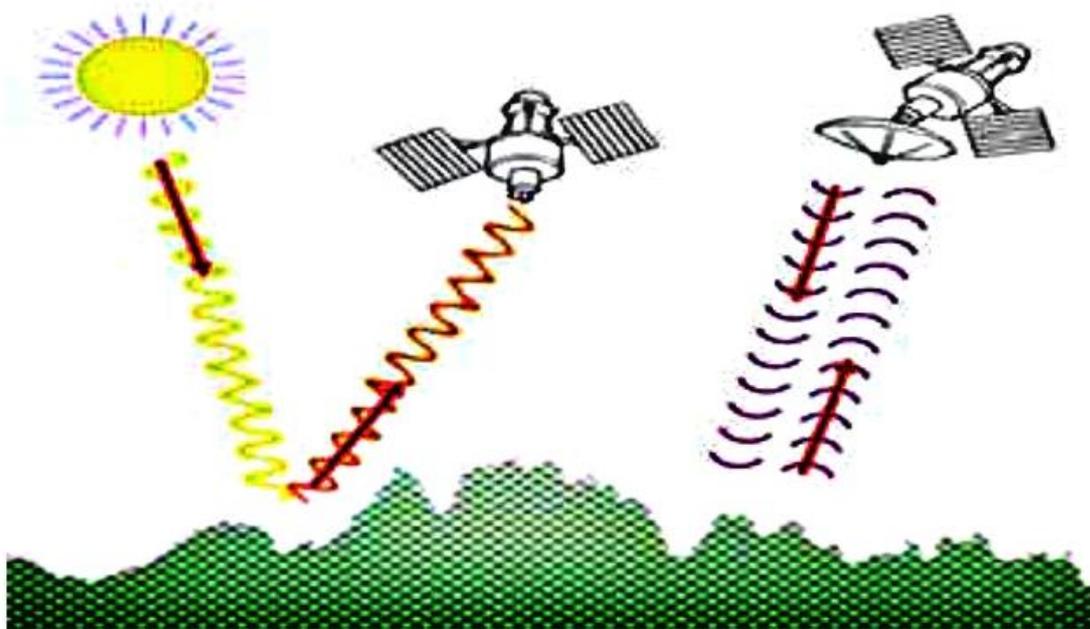
C'est le cas des satellites SPOT (Satellite pour l'Observation de la Terre), LANDSAT (Land Satellite), METEOSAT (Meteorological Satellite), etc... (K. Soudani 2005).

3.1.3.2. La Télédétection Active :

La télédétection active utilise l'énergie transmise par un satellite et renvoyée au satellite à travers la surface de la Terre (A. Abdelbaki 2012).

L'acquisition active lorsque le rayonnement provient d'une source artificielle, comme le capteur lui-même, la télédétection active n'est que très faiblement sensible aux conditions atmosphériques et d'illuminations (Ch. Ben Khalfallah 2019).

Le mode actif de télédétection implique l'utilisation d'une source d'illumination artificielle pour mesurer l'énergie rétrodiffusée par l'objet cible. C'est la méthode utilisée dans l'imagerie radar. L'interprétation des données radar est moins intuitive que celle des images optiques et nécessite des connaissances spécifiques en traitement du signal. Cependant, cette méthode d'acquisition présente l'avantage de ne pas être affectée par la présence de nuages, grâce à l'utilisation de longueurs d'onde élevées (M. Bayouhd 2013).



A : Capteur Passif

B : Capteur Actif

Fig. n° (12) : Télédétection passive et active. (Abdelaziz HABBA et Omar ISHAK 2019).

3.1.4. Les Plateformes :

Les avions et les satellites sont parmi les plates-formes les plus couramment utilisées pour la télédétection. La télédétection, en tant que technologie relativement récente, offre une vision globale de notre planète, étant donné l'absence de moyens nous permettant de nous éloigner de sa surface. Quels que soient les instruments sophistiqués utilisés, ils ne parviennent pas à fournir une vue complète et satisfaisante de notre planète.

- **Avions :** les avions volent à une altitude relativement basse, généralement de quelques kilomètres seulement. En raison de cette altitude, leur capacité à capturer des images détaillées de petites portions de territoire est limitée du point de vue de la télédétection.
- **Les satellites :** les satellites sont des plates-formes couramment utilisées en télédétection. Ils se déplacent le long d'une orbite, généralement de forme quasi-circulaire. Ces satellites transportent une variété de capteurs, souvent spécialisés dans l'observation météorologique, des paysages, des catastrophes naturelles, et bien d'autres domaines (**H. Amir Mokhtar 2010**).

Remarque : Deux grands avantages des satellites par rapport aux avions : c'est qu'ils peuvent prendre des images d'étendues extrêmement vastes et que la même surface peut être observée systématiquement à chaque passage du satellite (**H. Amir Mokhtar 2010**).

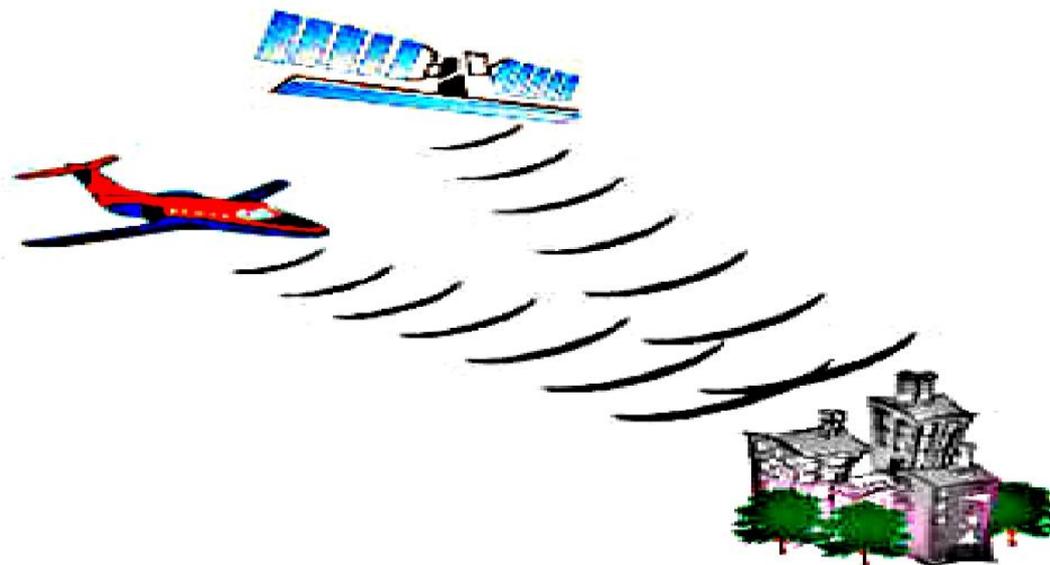


Fig. n° (13) : Plates formes (avion, satellite) (**A. HABBA et O. ISHAK 2019**).

3.1.5. Domaines de la Télédétection :

Les domaines d'application de la télédétection varient et s'élargissent car il s'agit d'une science large et précise, elle a donc été adoptée par plusieurs domaines pour l'exactitude de ses données et de ses résultats. Parmi les domaines qui ont monopolisé les usages de la télédétection figurent les suivants :

A) Agriculture : Étant donné que l'agriculture est un secteur très important dans l'économie pour de nombreux pays, il a adopté la télédétection et les satellites pour plusieurs utilisations. Parce qu'il fournit un moyen sûr et efficace de collecter des informations pour cartographier le type de cultures, les suivre, calculer la superficie des cultures et prédire le rendement. En plus d'offrir une vue synoptique, la télédétection peut fournir des informations sur la structure et la santé de la végétation. La réflectance spectrale du champ varie selon le stade phénologique (stade de croissance), le type de plantes et leur état de santé. Les fours à micro-ondes sont sensibles à l'alignement, à la structure et à la quantité d'eau présente dans les plantes et le sol. Connaître les informations relatives à l'humidité et à la quantité d'engrais liées au sol grâce à des capteurs (Capteur N, P, K) et des indicateurs tels que l'indicateur par ex NDMI ; NDVI ; NDWI... etc. (CCT 2015).

B) Foresterie : Les forêts jouent un rôle important dans la fourniture de ressources, représentées par la nourriture et l'abri pour de nombreuses espèces sauvages, en plus de leur disponibilité de nombreuses matières premières telles que le bois, en plus de nombreuses plantes et herbes comme source primaire de médicaments, en plus de leur rôle très important dans l'équilibre de l'oxygène sur Terre, car ils sont un lien entre l'atmosphère terrestre et l'atmosphère. Par conséquent, le système de télédétection a adopté des applications, parmi lesquelles :

- Dessiner des cartes de reconnaissance en connaissant le couvert forestier, en suivant son développement et l'épuisement des ressources, en plus de mesurer les caractéristiques physiques des populations forestières
- Forestier Commerciale : Cet aspect concerne l'entreprise forestière commerciale et les agences qui gèrent la ressource. Par conséquent, le système de télédétection est appliqué afin de collecter suffisamment d'informations, telles que la densité des arbres pour l'approvisionnement en bois, telles que la densité de la végétation, le type de forêt, Biomasse.
- Surveillance de l'environnement Les systèmes de télédétection sont appliqués dans le but de protéger les forêts en ce qui concerne le type, la quantité et la santé du couvert forestier (K. Shandilya et al., 2013).

C) La géologie : en tant que science pour connaître et comprendre les différents phénomènes qui affectent la terre ainsi que sa croûte, en plus de la découverte de ressources minérales souterraines, a également adopté le système de télédétection dans plusieurs utilisations, et l'utilisation commune entre tous les domaines est la cartographie, y compris les cartes rocheuses. Ou des cartes de risques et des cartes structurelles. En plus de l'observation de tous les phénomènes et autres botaniques **(K. Shandilya et al., 2013).**

D) Hydrologie : Cette science est représentée par l'étude du mouvement et du stockage de l'eau à la surface de la terre, qu'elle soit à l'état solide ou liquide, ou stockée dans le sol **(R. Green 2016).** La télédétection aide à surveiller les terres et à estimer leur humidité, en plus de vous renseigner sur la neige et sa densité, et de suivre certains de vos nouveaux phénomènes et inondations grâce à quelques indicateurs Cartographie des mares d'eau en complément des plannings d'irrigation **(K. Shandilya et al., 2013).**

E) LULC : L'occupation du sol désigne tout ce qui est contenu à la surface de la terre en général (terres ; océans ; agriculture ; construction ; etc.) Elle contribue à la gestion des ressources naturelles et à la préservation de la faune, la connaissance de tous les événements à la surface de la terre. L'utilisation des terres, il aide à comprendre le sol et ses caractéristiques, ce qui aide à déterminer l'utilisation optimale de celui-ci s'il est adapté à la culture ou non **(K. Shandilya et al., 2013).**

F) La Cartographie : La cartographie est une composante essentielle de la gestion des ressources foncières, et les informations cartographiées sont le produit courant de l'analyse des données télédéctées. Les applications de la télédétection en cartographie comprennent les éléments suivants :

- **Planimétrie :** Les techniques de levé topographique accompagnées de l'utilisation d'un GPS peuvent répondre aux exigences de haute précision, mais elles peuvent être coûteuses et difficiles à mettre en œuvre pour cartographier de grandes zones ou des zones éloignées. La télédétection permet d'identifier efficacement des données planimétriques, de sorte que des images sont disponibles à différentes échelles pour répondre aux besoins de nombreux utilisateurs différents.
- **Modèles numériques d'élévation (MNE) :** La génération de MNE à partir de données télédéctées peut être rentable et efficace. Une variété de capteurs et de méthodes sont disponibles pour générer de tels modèles dans le cadre des applications cartographiques. Deux méthodes principales de génération de données d'élévation sont les techniques de

stéréogrammétrie utilisant des photos aériennes (photogrammétrie), des images infrarouges visibles, des données radar (radargrammétrie) et l'interférométrie radar.

- Cartographie topographique de base : En tant que carte de base, les images fournissent des informations auxiliaires pour les détails planimétriques extraits. La sensibilité à l'expression de surface fait du radar un outil utile pour créer des cartes de base et fournir des capacités de reconnaissance (**K. Shandilya et al., 2013**).

G) Surveillance des océans et des côtes : La surveillance des océans et des côtes est importante car les océans fournissent des ressources alimentaires et biophysiques précieuses, servent de voies de transport, jouent un rôle crucial dans la formation des systèmes météorologiques et le stockage du CO₂, et contribuent à l'équilibre hydrologique de la Terre. Les zones côtières sont des interfaces sensibles entre l'océan et la terre, et elles réagissent aux changements dus au développement économique et aux évolutions des modes d'utilisation des terres. Souvent, les zones côtières abritent une biodiversité importante et peuvent être fortement urbanisées. Les applications de la télédétection en océanographie comprennent :

- Identification des motifs océaniques : courants, schémas de circulation régionale, cisaillements, zones frontales, ondes internes, ondes gravitationnelles, tourbillons, zones de remontée des eaux et bathymétrie des eaux peu profondes.
- Prévision des tempêtes : récupération des données sur le vent et les vagues.
- Évaluation des stocks de poissons et des mammifères marins : surveillance de la température de l'eau, de la qualité de l'eau, de la productivité océanique, de la concentration de phytoplancton, de la dérive, de l'inventaire de l'aquaculture et de la surveillance.
- Marées noires : prévision de l'étendue et de la dérive des marées noires, soutien stratégique aux décisions d'intervention d'urgence en cas de marée noire et identification des zones de suintement naturel de pétrole pour l'exploration.
- Navigation maritime : itinéraires de navigation, études sur la densité du trafic, surveillance opérationnelle de la pêche et cartographie de la bathymétrie près des côtes (**K. Shandilya et al., 2013**).

H) Climatologie et météorologie : la télédétection est utilisée pour identifier différents phénomènes. Par exemple, elle permet de repérer les fronts chauds et froids, les courants-jets et le développement de dépressions intenses qui peuvent donner lieu à des phénomènes météorologiques extrêmes tels que les tornades, les ouragans, les cyclones ou les typhons. La télédétection fournit des informations précieuses pour suivre et prévoir ces événements, ce qui est crucial pour la surveillance et la sécurité des populations vivant dans les régions affectées. Grâce

à des capteurs à distance, il est possible de surveiller ces phénomènes à grande échelle et d'obtenir une vue d'ensemble des conditions météorologiques et climatiques, permettant ainsi aux scientifiques et aux météorologues de mieux comprendre et prévoir les variations du temps et du climat (R. Desjardins 2000).

3.1.6. Les Principes de la Télédétection :

La télédétection spatiale permet d'observer le système "terre-mer/atmosphère" au moyen de méthodes d'acquisition d'informations de télédétection basées sur les caractéristiques du rayonnement électromagnétique. Les capteurs satellitaires peuvent mesurer l'énergie réfléchi et/ou émise par la surface de la Terre, les océans ou l'atmosphère, analysant et surveillant ainsi l'évolution de ces environnements dans le temps (UVED 2008).

3.1.6.1. Le Rayonnement électromagnétique :

Le rayonnement électromagnétique correspond à l'ensemble des radiations émises par une source, qui peut être soit le soleil, soit la surface terrestre ou océanique ou l'atmosphère, ou bien encore le capteur satellitaire lui-même sous forme d'ondes électromagnétiques, la répartition de ces dernières en fonction de leur longueur d'onde. De leur fréquence ou bien encore de leur énergie, représente « le spectre électromagnétique » (A. Abdelbaki 2012 ; Dj. Mokadem 2018) Le rayonnement électromagnétique est composé d'un champ électrique (E) et d'un champ magnétique (M). Le champ électrique varie en grandeur et est orienté de façon perpendiculaire à la direction de propagation du rayonnement. Le champ magnétique est orienté de façon perpendiculaire au champ électrique. Les deux champs se déplacent à la vitesse de la lumière (c) (A. HABBA et O. ISHAK 2019).

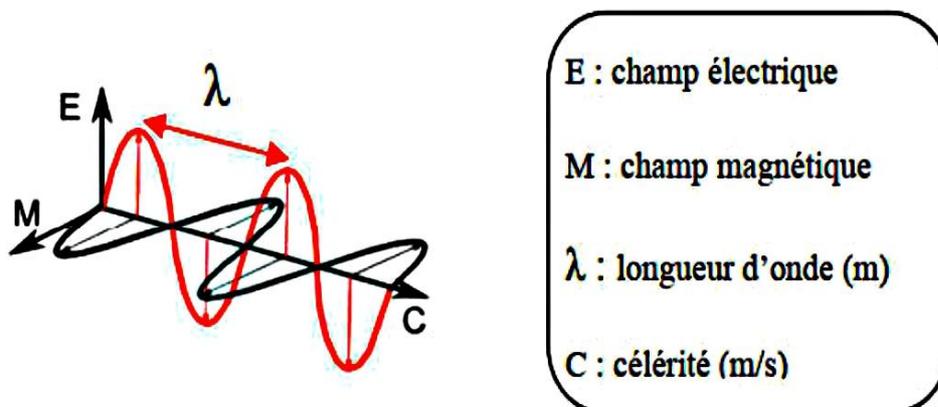


Fig. n° (14) : Onde électromagnétique (CCT 2015).

▪ Le spectre électromagnétique :

Le spectre électromagnétique est le résultat de la décomposition du rayonnement électromagnétique en ses fréquences constituantes. Ainsi, lorsque la lumière passe à travers un prisme, elle se décompose en plusieurs couleurs constituantes (principe de l'arc-en-ciel). Si on applique cette division en fréquences constituantes à l'ensemble du rayonnement électromagnétique, on obtient le spectre électromagnétique complet. Les longueurs d'ondes vont alors de quelques nanomètres à plusieurs milliers de kilomètres (UVED 2008).

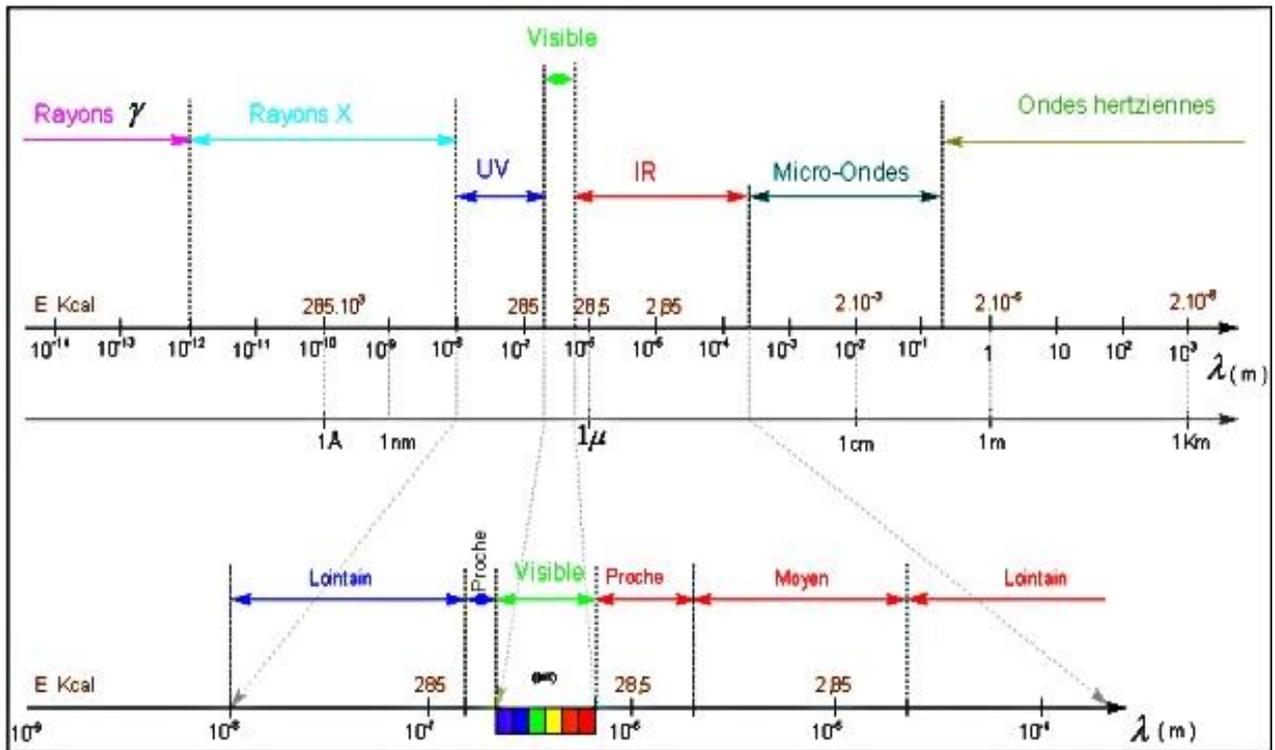


Fig. n° (15) : Spectre électromagnétique (A. Moquet 2003).

La télédétection utilise pleinement les informations provenant de sources spatiales telles que les images satellites et les photographies aériennes. Ce processus est connu sous le nom de photo-interprétation, et il permet d'analyser et d'exploiter ces données pour en tirer des informations utiles (M. Bouacha 2019).

3.1.6.2. La photo-interprétation :

La photo-interprétation fait partie des domaines de la cartographie qui se concentrent sur l'utilisation, le traitement et l'exploitation des photographies aériennes pour extraire les données disponibles qui caractérisent le potentiel biologique de l'environnement. (Bensaid 2006). Ces photographies sont utilisées pour effectuer un inventaire simultané et séquentiel du potentiel

biologique, en se basant sur une compréhension approfondie des ressources présentes et des conditions éco-géographiques (A. Bensaid 1997) in (M. Bouacha 2019).

3.1.6.3. Imagerie Satellitaire :

Une image est une représentation plane bidimensionnelle d'un objet réel. Les images sont omniprésentes dans notre société (dessins, peintures, photographies, etc.). Depuis quelques années, on assiste à une invasion d'images numériques, aussi appelées images "digitales". Ces images sont constituées d'un très grand nombre de très petits points dont la couleur est définie par des chiffres. Ces points sont appelés " pixels " (Dj. Mokadem 2018) En utilisant les capteurs infrarouges de différents satellites en orbite autour de la Terre, il est possible de générer une image satellitaire avec une variété de couleurs, chaque couleur correspondant à un objet spécifique sur le terrain en fonction de son degré de réflexion des rayonnements électromagnétiques (M. Bouacha 2019).

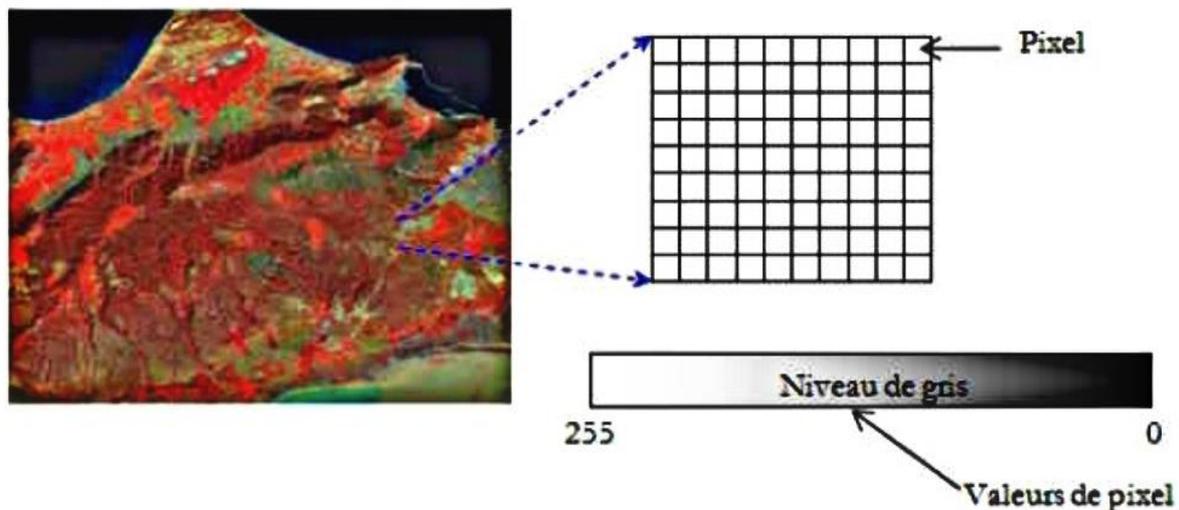


Fig. n° (16) : Image satellitaire « Oran » (LANDSAT 5 -TM) (A. HABBA et O. ISHAK 2019).

3.1.7. Apport de la télédétection :

- Les données de télédétection sont homogènes et continues sur de grandes surfaces.
- Elle offre une vision riche d'informations (multi spectrale).
- Elle permet d'accéder à des zones dites « inaccessible » pour des questions de topographie, de climat et de catastrophes naturelles.
- Acquisitions de données en temps voulu.
- Elle autorise des observations très rapprochées dans le temps d'un même endroit.

- Les images sont sous forme numérique, ce qui facilite considérablement leur intégration dans les bases de données des SIG.
- Les programmes satellitaires sont maintenant suffisamment nombreux et fiables pour garantir aux utilisateurs une constitué dans la fourniture d'images (A. REKIS 2012).

3.2. Le Système d'information géographique :

3.2.1. Notions générale :

Les SIG, ou Systèmes d'Information Géographique, englobent diverses technologies, processus et méthodes qui sont étroitement liés à plusieurs domaines tels que l'aménagement du territoire, la gestion des infrastructures et réseaux, le transport et la logistique, l'assurance, les télécommunications, l'ingénierie, la planification, l'éducation et la recherche, entre autres. En raison de cette variété d'applications, les SIG sont à la base de nombreux services de géolocalisation qui reposent sur l'analyse et la visualisation des données. Une

des principales forces des SIG réside dans leur capacité à relier des données qui peuvent sembler très différentes au premier abord. Qu'il s'agisse de coordonnées géographiques, de latitude et longitude, d'adresses, d'altitudes, de temps, de médias sociaux, et bien d'autres, les SIG permettent de regrouper toutes ces dimensions autour d'un référentiel commun, qui constitue la colonne vertébrale du système d'information. Cette caractéristique

fondamentale des SIG ouvre la voie à de nouvelles applications et opportunités dans le domaine de la recherche scientifique. En réunissant ces différentes dimensions de notre environnement, les SIG offrent la possibilité d'imaginer de nouvelles perspectives et débouchés pour les études scientifiques (Y. Teldja 2016).

3.2.2. L'information géographique (IG) :

L'IG (Information Géographique) est une donnée qui possède une référence spatiale, qui peut prendre différentes formes, notamment :

- Coordonnées géographiques.
- Nom de lieu.
- Adresse postale ou autre.

Elle peut être manipulée et traitée de différentes manières, notamment :

- Dupliquée sans détérioration.
- Échangée à haut débit à travers des réseaux web.
- Associée à différentes informations en vue de produire de nouvelles données.

L'IG est obtenue, stockée, analysée, affichée et partagée à l'aide de systèmes d'information géographique (SIG). Elle représente des informations liées à un objet (entité) ou à un phénomène, qui peuvent être décrites de deux manières :

- Par leurs caractéristiques morphologiques et physionomiques diverses, telles que leur nature et leur apparence.
- Par leur emplacement sur la terre. Le premier groupe de données est appelé attributs, tandis que le second groupe est appelé données géométriques. Par exemple, l'IG concernant une route peut être définie par son nombre de voies, son revêtement, son nom, sa longueur et sa position sur la surface terrestre (**Y. Kouba 2018**).

3.2.3. Définition d'un système d'information géographique :

Selon **G. Konecny (2003)** « Un SIG, dans une définition étroite, est un système informatique pour la saisie, la manipulation, le stockage et la visualisation des données spatiales numériques. Dans une définition plus large il est un système numérique d'acquisition, de gestion, d'analyse, de modélisation et de visualisation de données spatiales aux fins de la planification, l'administration et le contrôle de l'environnement naturel et aux applications socio-économiques ».

Le CNIG (Conseil National de l'Information Géographique) définit en 1992, le SIG comme un “ensemble coordonné d'opérations généralement informatisées, destinées à transcrire et utiliser un ensemble d'informations (géographiques) sur un même territoire. Ce dispositif vise particulièrement à combiner au mieux les différentes ressources accessibles : base de données, savoir-faire, capacité de traitement selon les applications qui lui sont demandées” (**M. Koehl 2004**).

3.2.4. Les Avantages des SIG :

Les SIG offrent plusieurs avantages significatifs :

- Capacité de stockage fiable : Les SIG permettent de stocker de grandes quantités de données géographiques de manière fiable, assurant ainsi l'intégrité et la sécurité des informations.
- Restitution rapide des données : Les SIG permettent un accès rapide aux données géographiques, ce qui permet de gagner du temps lors de l'analyse et de la prise de décision.
- Intégration de données de sources différentes : Les SIG facilitent l'intégration et la combinaison de données provenant de sources diverses, ce qui permet d'obtenir une vision globale et complète de l'information géographique.

- Précision des processus cartographiques : Les SIG offrent des outils et des techniques avancées pour réaliser des processus cartographiques précis, garantissant ainsi la qualité et l'exactitude des cartes produites.
- Facilité de mise à jour : Les SIG proposent des outils de suivi et de mise à jour des données géographiques, permettant de maintenir les informations à jour et d'assurer la pertinence des analyses.
- Analyse des relations spatiales : Les SIG offrent des fonctionnalités avancées pour analyser les relations spatiales entre les entités géographiques, ce qui facilite l'intégration, les requêtes spatiales, la combinaison et la superposition de cartes.
- Production de cartes de qualité : Les SIG permettent de produire des cartes avec un bon rapport qualité-prix, en combinant des données précises et en exploitant des fonctionnalités avancées de représentation cartographique (**DJ. Benatallah et A. Debagh 2013**).

3.2.5. Les Contraintes des SIG :

Les SIG présentent également certaines contraintes :

- Manque de personnel spécialisé et compétent : Il peut y avoir une pénurie de professionnels qualifiés dans le domaine des SIG, ce qui rend difficile la mise en place et la gestion efficace de ces systèmes.
- Coût élevé et problèmes techniques liés à l'acquisition de données fiables : L'acquisition de données géographiques fiables peut être coûteuse, et il peut y avoir des défis techniques à surmonter pour garantir la qualité et l'exactitude de ces données.
- Non-standardisation des formats de données : Les formats de données géographiques peuvent varier d'un système à l'autre, ce qui peut entraîner des problèmes de compatibilité et de conversion lors de l'échange et de l'intégration de données entre différents SIG.
- Nécessité d'une mobilisation coordonnée des acteurs : La mise en place et l'utilisation efficace des SIG nécessitent une collaboration et une coordination entre différents acteurs, tels que les institutions, les organisations et les experts, ce qui peut parfois être un défi en termes de mobilisation des ressources et d'engagement (**DJ. Benatallah et A. Debagh 2013**).

3.2.6. Les Composantes d'un SIG :

Un SIG comporte au moins sept composantes :

- Une base de données à caractère spatiale et thématique.
- Un système de représentation cartographique.
- Un système de saisie numérique.

- Un système de la base de données géographique.
- Un système d'analyse spatiale.
- Un système de traitement d'images.
- Un système d'analyse statistique (**Y. Kouba 2018**).

Selon ESRI France (**ESRI 2018**), un Système d'Information Géographique est constitué des éléments suivants :

3.2.6.1. Les Matériels Informatiques : Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) sont compatibles avec une vaste gamme de matériels informatiques. Ils peuvent être utilisés sur des ordinateurs de bureau connectés en réseau ou fonctionner de manière autonome (**M. Kalla 2021**).

3.2.6.2. Logiciels (logiciel) : Les logiciels de SIG fournissent les outils nécessaires pour stocker, analyser et visualiser les informations géographiques. Ils permettent aux utilisateurs de manipuler les données géographiques de manière efficace et de réaliser des tâches spécifiques liées à l'analyse spatiale (**M. Kalla 2021**).

3.2.6.3. Données (Informations Géographiques) : Les données jouent un rôle essentiel dans les SIG. Elles constituent le composant principal sur lequel repose l'ensemble du système. Les informations géographiques peuvent être générées en interne ou acquises auprès de fournisseurs de données externes. Ces données peuvent être de différentes natures, telles que des cartes, des images satellites, des données topographiques, etc (**M. Kalla 2021**).

Les données sont les composants les plus intéressantes du SIG :

A) Données géographiques : Peuvent être soit importées à partir de fichier soit saisies par un opérateur. Elles possèdent deux composantes :

Les données géométriques : reviennent à la forme et à la localisation des objets ou phénomènes.

Les données graphiques : reviennent aux paramètres d'affichage des objets (types de traits, traits, couleurs, épaisseurs, ...).

B) Données attributaires : Sont les données associées à un objet ou une localisation géographique, soit pour décrire un objet géographique, soit pour localiser des informations (non d'une route, type d'un bâtiment localisé par son adresse, nombre d'habitants d'un quartier, débit d'une cour d'eau, la lithologie,). Les données attributaires sont reliées à la géométrie de l'objet.

C) Métadonnées : Sont des données associées (date d'acquisition, nom du propriétaire, méthodes d'acquisition, les limites d'utilisation... etc.) (**Y. Teldja 2016**).

3.2.6.4. Personnel formé (les utilisateurs) : Les SIG sont des outils qui nécessitent une expertise pour être utilisés efficacement. Les utilisateurs qualifiés en SIG sont chargés de tirer le meilleur parti de ces systèmes. Il convient de noter que les SIG sont conçus de manière à ce qu'ils puissent être manipulés par différents types d'utilisateurs, allant de ceux qui créent et maintiennent les systèmes à ceux qui utilisent des logiciels pour le traitement des informations géographiques. Avec l'avènement des SIG sur Internet, le nombre d'utilisateurs de SIG a considérablement augmenté (M. Kalla 2021).

3.2.6.5. Le savoir-faire et la méthodologie : La mise en place d'un SIG requiert l'exploitation des connaissances, des compétences et des savoir-faire issus de divers domaines tels que la géographie, la cartographie, l'analyse des données et des processus (comme l'analyse Merise, le langage de modélisation unifié), l'informatique, la statistique, l'urbanisme, l'hydrologie, etc. Cette approche multidisciplinaire nécessite la collaboration d'experts provenant de domaines très différents (D. Urbani, 2006).



Fig. n° (17) : Les Composantes d'un système d'information géographique (K. Torrini 2021).

3.2.7. Les Fonctions des SIG (Les 5A) :

Les SIG sont conçus pour répondre à divers besoins et étant donné qu'il n'existe pas de système commun, ils doivent être adaptés en fonction des objectifs établis. Cependant, il convient de souligner qu'il existe cinq fonctionnalités essentielles, communément appelées les "5A", que tous les SIG doivent fournir : (M. Boulouf 2018)

- **L’acquisition** : pour la collecte des données grâce à des fonctions de saisie des données sous forme numérique.
- **L’archivage** : grâce à un système de gestion de bases de données (SGBD).
- **L’analyse** : par des fonctions de manipulation, croisement et transformation des données spatiales au moyen de requêtes dans le SGBD.
- **L’affichage** : pour la restitution des résultats par des fonctions de mise en forme et de visualisation.
- **L’abstraction** : par des fonctions rendant compte de la modélisation de la réalité.

3.2.8. Les Domaines des SIG :

Tableau n° (6) : Les Domaines D’application des SIG (M. Kalla 2021) :

Pour les grandes échelles	Pour les échelles moyennes et petites
<ul style="list-style-type: none"> ▪ La gestion foncière et cadastrale : le recensement des propriétés privées et le calcul de leurs surfaces. ▪ La planification urbaine : la création de cartes d'occupation du sol et de plans d'aménagement urbain. ▪ La gestion des réseaux : par exemple, les réseaux d'assainissement, d'approvisionnement en eau potable, de gaz, d'électricité, de téléphone, etc. ▪ La gestion des espaces verts, naturels ou urbains : par exemple, la gestion des parcs naturels et des espaces publics. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'identification des meilleurs emplacements pour l'implantation de nouvelles ressources, également appelée cartographie d'aptitude. ▪ Les études d'ingénierie routière, par exemple la construction de routes ou d'autoroutes. ▪ Les applications liées à la prévention des risques naturels.

3.2.9. Quelques logiciels SIG :

Tableau n° (7) : Quelques logiciels des SIG (Y. Kouba 2018).

Logiciels Libres	<p>GRASS GIS : Il regroupe des fonctionnalités de traitement d'images satellitaires ainsi que des fonctionnalités basées sur la topologie.</p> <p>MapServer : C'est un logiciel libre permettant l'édition de cartes sur le web.</p> <p>QGIS : Il permet de visualiser les cartes ainsi que de les transformer. Il est apprécié pour sa simplicité d'utilisation.</p> <p>PostGIS : C'est une extension pour la base de données Postgre SQL, qui permet d'effectuer des requêtes SQL et spatiales.</p> <p>uDig et gvSIG : Ce sont des logiciels libres développés en Java, compatibles avec les systèmes d'exploitation Linux et Windows.</p>
Logiciels Gratuits	<p>DIVA-GIS : Offre des outils d'analyse statistique et géostatistique de l'information géographique.</p> <p>Auto DEM: Il propose des dispositifs pour générer des modèles numériques de terrains(MNT) à partir de courbes de niveaux. Il supporte plusieurs formats tel quelles images raster et les courbes de niveaux de type vectoriel.</p>
Logiciels Commerciaux	<p>Arc GIS: (Arc Info, Arc View, etc.) de chez ESRI.</p> <p>Geo Map GIS: Métiers s'appuyant sur l'environnement Auto desk (Auto CAD, Auto desk Map, Auto desk Map Guide, etc.).</p> <p>Manifold: Logiciel novateur (serveur,géocodage,3D,script.net,sghd).</p>

4. Application de Télédétection et SIG Dans L'Agriculture :

La télédétection et les systèmes d'information géographique ont démontré des avantages significatifs dans l'analyse et la visualisation des environnements agricoles, se révélant très précieux pour l'agriculture et l'industrie. Ils jouent un rôle crucial dans le monde entier en aidant

les agriculteurs à augmenter les rendements des cultures, à réduire les dépenses et à améliorer l'efficacité de la culture des terres. Les systèmes d'information géographique (SIG) sont largement utilisés et reconnus comme un outil efficace et puissant pour identifier les changements dans la couverture terrestre et l'utilisation des terres (N. Kumar et al., 2015).

L'utilisation de la télédétection et des systèmes d'information géographique est essentielle pour comprendre divers aspects de la santé des cultures, des niveaux de ravageurs, des rendements potentiels et des conditions du sol. Ces technologies sont appliquées dans la recherche liée à l'identification des cultures, à l'estimation de la superficie des terres, à l'évaluation de la croissance des cultures, à la détermination des niveaux d'humidité du sol, à l'estimation des rendements, à la gestion des ressources en eau agricoles, à la surveillance de la météorologie agricole et à l'étude d'autres applications agricoles (M. Gebeyehu 2019).

Les applications de télédétection dans l'agriculture englobent divers aspects importants, notamment l'estimation de la biomasse et des rendements des cultures, la surveillance de la santé de la végétation et du stress dû à la sécheresse, l'évaluation des stades de développement des cultures, l'estimation de la superficie des cultures, la cartographie des terres cultivées, la détection des perturbations et des changements dans l'utilisation des terres et la couverture terrestre, ainsi que ainsi que faciliter l'agriculture de précision et la gestion de l'irrigation (Atzberger 2013).

Les applications de cartographie basées sur le SIG peuvent aider à déterminer où planter des cultures à travers le pays et à s'adapter à diverses variables, à surveiller la santé de cultures individuelles, à estimer le rendement de champs spécifiques et à maximiser les rendements des cultures. En utilisant les statistiques sur l'utilisation des terres et les aliments primaires, ainsi que les données collectées à partir de divers outils, y compris les appareils mobiles, qui peuvent identifier les zones vulnérables et les causes profondes de l'insécurité alimentaire, le SIG est un outil indispensable dans les efforts visant à éradiquer la faim dans le monde. Partie des opérations automatisées sur le terrain (M. Gebeyehu 2019).

En utilisant les données collectées à partir de capteurs à distance et de capteurs montés directement sur les machines agricoles, les agriculteurs ont amélioré leurs capacités de prise de décision pour planifier leurs cultures afin de maximiser le rendement. Les rendements antérieurs des cultures, les caractéristiques topographiques, la teneur en matière organique du sol, le pH, l'humidité et les niveaux de nutriments aident à se préparer correctement à l'agriculture de précision. Les moissonneuses-batteuses équipées de dispositifs de suivi GPS peut mesurer les rendements des cultures ainsi que les valeurs de qualité des cultures telles que la teneur en humidité des plantes et la teneur en chlorophylle en temps réel au point exact où le champ est récolté. Le développement

rapide des technologies de télédétection et géospatiales peut jouer un rôle clé dans la surveillance de la croissance des cultures, l'identification et la gestion de divers types de stress, l'estimation des rendements régionaux et la protection des ressources naturelles et de la productivité agricole (**PK. Kingra et al., 2016**).

4.1. L'inventaire des cultures :

La télédétection (RS) et le système d'information géographique (SIG) sont essentiels pour l'inventaire des cultures, permettant l'identification des cultures et des zones où les schémas de culture changent. Ils constituent des outils précieux pour la réalisation d'enquêtes sur les cultures et la cartographie, fournissant des informations cruciales pour la surveillance des paysages agricoles (**Profile SEE 2016**).

Des informations précises et opportunes concernant les types de cultures, leurs superficies et les rendements attendus sont de la plus haute importance pour les gouvernements des pays à vocation agricole. Les informations spectrales dérivées des données de télédétection jouent un rôle essentiel dans la modélisation des cultures, car elles sont étroitement liées aux paramètres de la canopée qui servent d'indicateurs de la santé et des stades de croissance des cultures. En combinant l'imagerie satellite et les données d'enquête, des cartes spécifiques aux cultures peuvent être générées, fournissant des informations précieuses sur l'aménagement et la propriété des terres, en particulier pour les agriculteurs. Ces cartes sont bénéfiques pour les agro-industries, telles que les entreprises de semences et d'engrais. La science de la télédétection recèle un potentiel important pour l'inventaire complet des cultures, comme en témoignent de nombreuses études utilisant des photographies aériennes et des techniques de traitement d'images numériques. Cette approche réduit le besoin d'une vaste collecte de données sur le terrain et améliore la précision de l'estimation (**PK. kingra et al., 2016**).

4.2. Analyse du rendement des cultures, région de culture endommagée et prévisions :

Le stress hydrique et les inondations sont fréquents dans les régions pluvieuses et peuvent endommager les cultures. Différentes informations sur le rendement des cultures sont des données importantes pour l'estimation du rendement. Chaque géotype de plante a un potentiel de rendement spécifique qui peut être atteint dans des parcelles d'essai dans des conditions optimales. Cependant, dans le monde réel, les rendements des cultures dépendent de divers paramètres tels que le sol, les conditions météorologiques et les méthodes de plantation telles que la date de semis, l'irrigation et les engrais. Les rendements des cultures sont également affectés par les pressions biologiques telles que les maladies et les ravageurs. La télédétection par satellite offre une

alternative appropriée pour l'évaluation/la prévision de l'état des cultures et du rendement, car elle fournit des estimations opportunes, précises, météorologiques et objectives de divers paramètres de culture. Les données de télédétection sont un outil important pour la modélisation du rendement (**VK. Dadhwal et S. Isro 2003**).

Le rendement des cultures peut être évalué en examinant sa récoltabilité, qui est une mesure de la facilité avec laquelle les cultures peuvent être récoltées. Pour évaluer la possibilité de récolte, divers indices de végétation dérivés de différentes parties du spectre électromagnétique sont utilisés. Les modèles de simulation de croissance des plantes se sont avérés utiles pour suivre la croissance des plantes, évaluer la santé des plantes et faire des prévisions de rendement. Néanmoins, l'applicabilité de ces modèles à plus grande échelle est limitée en raison de leur développement principalement au niveau du terrain. Pour surmonter cette limitation, une combinaison de la technologie du radar à synthèse d'ouverture (SAR) et des approches de modélisation des cultures est utilisée pour estimer et prévoir le rendement (**T. Setiyono, A. Nelson et F. Holecz 2014**).

Grâce à l'utilisation des données de télédétection, la détection de l'état de santé des cultures et leur identification sont possibles en évaluant la perte de surface foliaire. Les attaques de ravageurs entraînent généralement la dégradation de la chlorophylle, entraînant des symptômes perceptibles. La télédétection permet d'identifier la concentration réduite de chlorophylle dans les plantes, servant d'indicateur des problèmes liés aux ravageurs (**M. Gebeyehu 2019**).

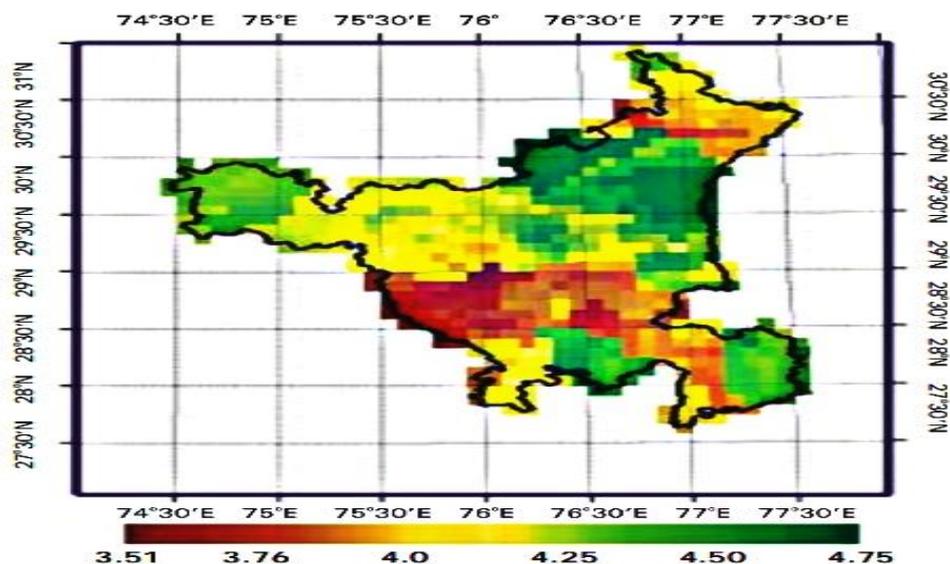


Fig. n° (18) : Exemple du Rendements de blé simulés selon la grille par le modèle de simulation WTGROWS pour la saison 1996-97 dans l'Haryana (**T. Setiyono, A. Nelson et F. Holecz 2014**).

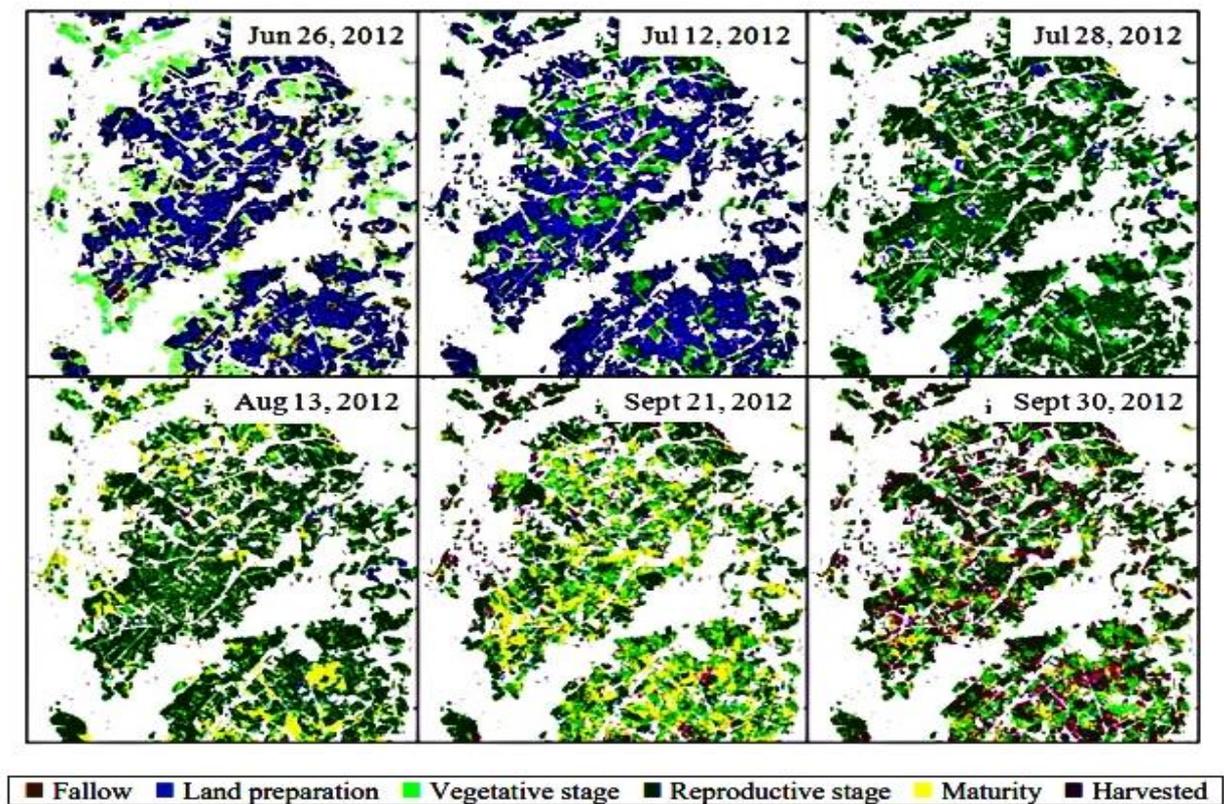


Fig. n° (19) : Exemple De La phénologie de la rizière pendant la saison des pluies de 2012 à Leyte, aux Philippines, déduite du produit SAR (T. Setiyono, et A. Nelson et F. Holecz 2014).

4.3. Nutriments ET stress hydrique :

Les plantes ont besoin d'eau, de soleil et de suffisamment de nutriments pour bien pousser et être dynamiques. Les macronutriments sont absorbés en plus grande quantité que les micronutriments en tant que substances de base lors du développement cellulaire et tissulaire des plantes (M. Balasundram et SK. Hanif AHM 2017).

L'un des domaines clés dans lesquels nous pouvons choisir d'appliquer la télédétection et les SIG à travers l'agriculture de précision est la gestion du stress en nutriments et en eau. La détection des charges de nutriments à l'aide de la télédétection et du SIG est importante pour la gestion des nutriments spécifiques au site, la réduction des coûts de culture et l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation des engrais (P. Shanmugapriya et al., 2019).

Dans les régions arides, où la rareté de l'eau est un défi important, l'utilisation efficace et efficiente des ressources en eau est cruciale. Les technologies de précision offrent une solution en permettant une gestion ciblée et optimisée de l'eau. Un tel exemple est la mise en œuvre de systèmes d'irrigation goutte à goutte en conjonction avec des informations obtenues à partir de données de

télédétection, en particulier la différence de température de la canopée. L'irrigation goutte à goutte est une méthode où l'eau est livrée directement aux racines des plantes en petites quantités contrôlées à travers un réseau de tuyaux et de goutteurs. En utilisant ce système, l'eau peut être acheminée avec précision jusqu'aux zones racinaires des plantes, minimisant ainsi le gaspillage par ruissellement et percolation. Les données de télédétection, obtenues par satellite ou par imagerie aérienne, peuvent fournir des informations précieuses sur la différence de température de la canopée de la culture. Cette différence de température peut indiquer des variations des niveaux de stress hydrique parmi les plantes. Les plantes stressées par l'eau ont tendance à avoir des températures de canopée plus élevées que les plantes correctement hydratées. En combinant les informations des données de télédétection avec les systèmes d'irrigation goutte à goutte, les agriculteurs peuvent prendre des décisions éclairées sur la quantité et le moment de l'application de l'eau. Ils peuvent ajuster les programmes d'irrigation en fonction de la différence de température observée dans la canopée, fournissant ainsi de l'eau précisément au moment et à l'endroit où elle est le plus nécessaire.

Cette approche contribue à accroître l'efficacité de l'utilisation de l'eau en réduisant les pertes dues au ruissellement et à la percolation. En fournissant de l'eau directement aux zones racinaires des plantes, l'irrigation goutte à goutte minimise les pertes par évaporation et garantit que l'eau est efficacement utilisée par les cultures, ce qui améliore la conservation de l'eau et la productivité des cultures dans les régions arides (**M. Gebeyehu 2019**).

La détermination du stress hydrique des cultures est importante pour une gestion efficace de l'eau d'irrigation. La surveillance du stress hydrique dans la végétation par satellite est importante pour l'agriculture de précision et le calendrier d'irrigation afin de garantir que les cultures ne subissent pas de stress hydrique et produisent des rendements dans des conditions d'eau limitées. Les données satellitaires ont le potentiel de fournir une dynamique spatio-temporelle des conditions de croissance des plantes en situation de stress hydrique et leur impact sur la productivité (**M. Gebeyehu 2019**).

4.4. Surveillance des inondations :

La technologie de télédétection permet d'effectuer des mesures, en particulier depuis l'espace, à des échelles spatiales beaucoup plus grandes que les instruments et méthodes in situ. Les données satellitaires sur les inondations ont été utilisées pour collecter des informations sur les inondations à différentes échelles temporelles et spatiales, en particulier sous la forme de plaines inondables. La technologie des engins spatiaux automatisés a réduit le temps de détection et de réponse aux inondations à quelques heures. L'utilisation de l'imagerie satellitaire des inondations est importante

pour démontrer le potentiel et améliorer notre compréhension des processus d'inondation et même de la spéculation sur la valeur (G.J. Schumann et al., 2019).

La couverture spatiale des estimations mondiales du débit fluvial peut être augmentée en utilisant des méthodes de télédétection. Plusieurs propriétés hydrauliques des eaux de surface des grandes rivières peuvent être mesurées ou évaluées à l'aide de données de télédétection, notamment la largeur moyenne de la rivière, la pente de la surface de l'eau, l'élévation de la surface de l'eau et la morphologie du chenal sur une longueur de tronçon de rivière donnée (WC. Sun et Al., 2011).

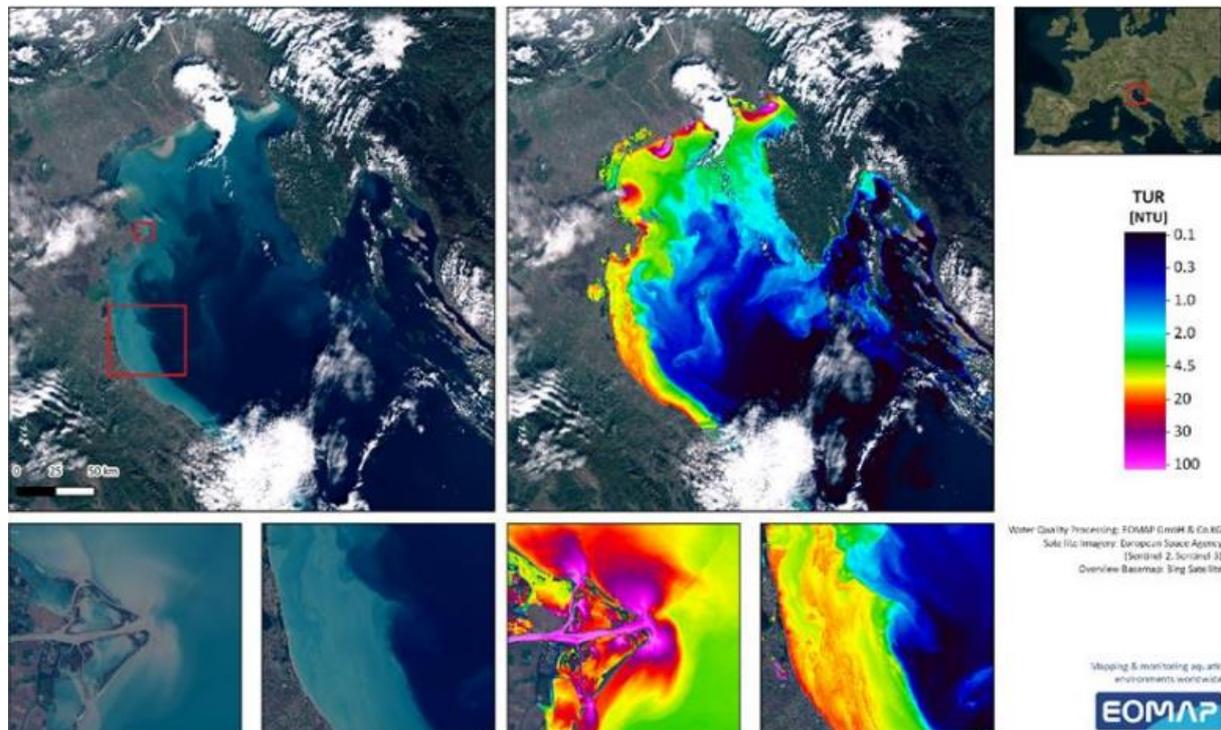


Fig. n° (20) : Utilisation des données satellitaires pour la surveillance des inondations (A. Yeshe et al., 2022).

4.5. Utilisation et occupation Du Sol (LULC) :

La cartographie de l'utilisation et de l'occupation des sols joue un rôle crucial dans les études géographiques, car elle fournit des informations essentielles sur les caractéristiques présentes à la surface de la Terre, notamment leur superficie, leur emplacement, leur forme et leur configuration (M. Gebeyehu 2019).

La télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG) ont révolutionné le processus de génération d'informations sur l'utilisation et la couverture des sols pour une zone spécifique. Par rapport aux enquêtes manuelles, la télédétection et le SIG offrent des avantages en termes de rentabilité, de précision et de risques réduits d'erreurs manuelles. Grâce à l'utilisation d'images

satellites ou de photographies aériennes, une vue synoptique de la zone peut être capturée, ne laissant aucune caractéristique inaperçue. En revanche, les enquêtes manuelles peuvent ignorer certaines caractéristiques en raison d'une éventuelle négligence humaine. L'imagerie satellitaire peut être acquise à intervalles réguliers, permettant une surveillance continue des caractéristiques ou des phénomènes de surface tels que les inondations, la déforestation, les incendies de forêt et d'autres changements au fil du temps. Cette approche s'avère plus efficace et plus rentable par rapport à la réalisation d'enquêtes répétitives ou au fait de s'appuyer uniquement sur des observations de terrain.

En combinant des données de télédétection avec des observations de terrain, diverses analyses peuvent être effectuées, en tenant compte de différents aspects géographiques et socio-économiques. L'incorporation de multiples sources d'information permet une analyse et une compréhension complètes de l'utilisation des terres et de la dynamique de la couverture terrestre. Les méthodes de détection numérique permettent l'identification et l'analyse des changements dans l'utilisation des terres et les propriétés de la couverture terrestre à l'aide de données de télédétection multi temporelles géo-enregistrées. En comparant différentes images capturées à différents moments, les changements de couverture terrestre peuvent être détectés, classés et surveillés plus rapidement et à moindre coût qu'en s'appuyant uniquement sur des données de télédétection ou des observations sur le terrain.

La collaboration entre les données de télédétection et les observations sur le terrain permet une classification efficace de la couverture terrestre, la détection des changements et l'analyse. Cette approche combinée offre des solutions plus rapides et plus rentables pour comprendre et gérer l'utilisation des terres et la dynamique de la couverture terrestre (**Diallo Y et al., 2009**).

4.6. Application agro météorologique :

Les applications agro météorologiques concernent l'étude et l'utilisation des données météorologiques dans le domaine de l'agriculture. Les conditions climatiques et météorologiques ont un impact significatif sur les activités agricoles, rendant les informations météorologiques cruciales pour la planification, la surveillance et la prévision des rendements agricoles. Traditionnellement, les données météorologiques ont été collectées via un réseau d'observations de stations ponctuelles, fournissant une couverture spatiale des paramètres météorologiques. Cependant, les techniques agro météorologiques conventionnelles sont confrontées à des limites dans l'utilisation de ces données pour la surveillance agricole en temps réel et la prévision des rendements.

L'avènement de la météorologie par satellite a révolutionné la collecte de données agro météorologiques en fournissant des mesures précises et fréquentes de divers paramètres essentiels pour l'agriculture. Ces paramètres comprennent l'albédo de surface (réflectivité), la température de surface, l'évapotranspiration (perte d'eau des plantes et du sol), le rayonnement solaire et les précipitations. Les mesures par satellite offrent l'avantage d'une couverture plus large et la possibilité de surveiller des zones éloignées ou inaccessibles (M. Gebeyehu 2019).

En intégrant des données météorologiques et satellitaires sur la végétation, les agro météorologues peuvent obtenir des informations précieuses sur les interactions complexes entre les conditions météorologiques, la croissance de la végétation et la productivité agricole. Ces informations aident à prendre des décisions éclairées concernant la sélection des cultures, la programmation de l'irrigation, la gestion des ravageurs et des maladies et les pratiques générales de gestion agricole pour optimiser la production agricole dans un climat en évolution (Of R 1994).

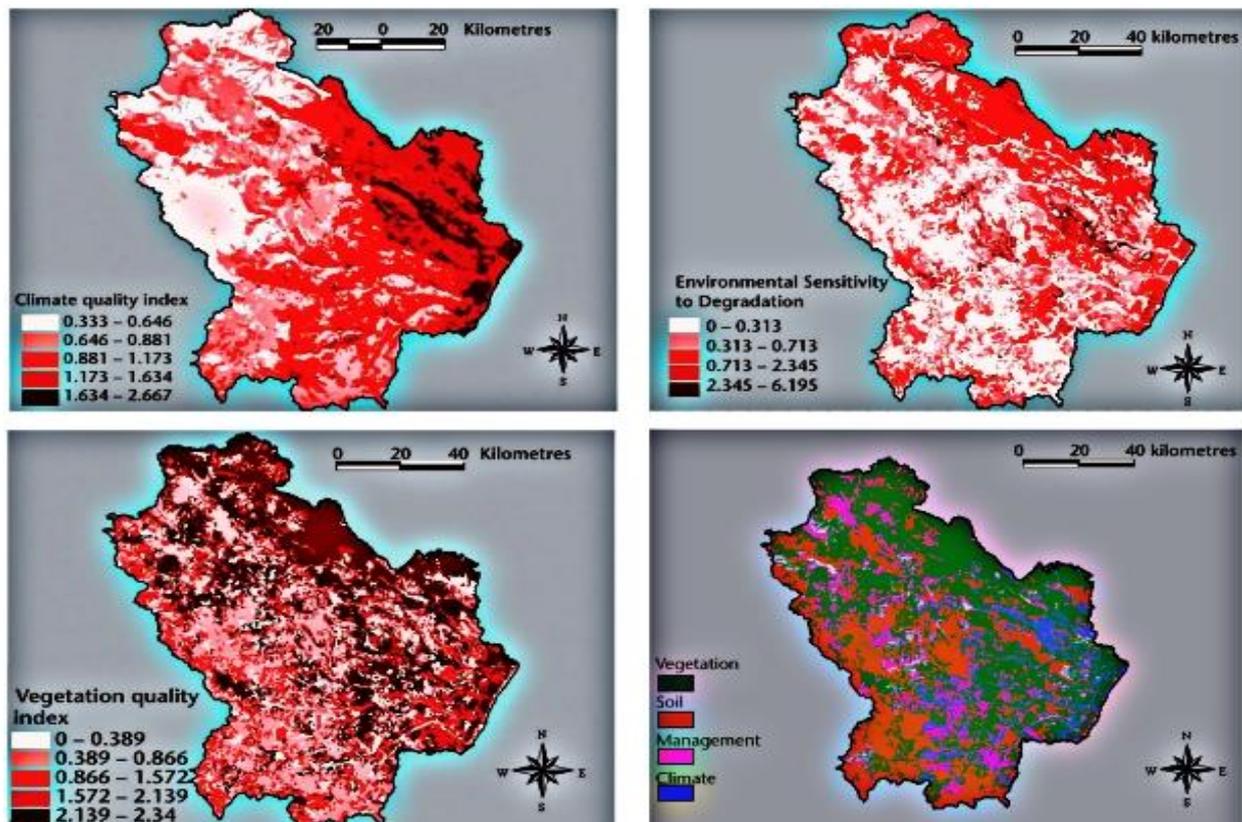


Fig. n° (21) : Carte de la qualité climatique ; carte de la qualité de la végétation ; sensibilité environnementale ; classe de risque et facteur de contribution à la répartition spatiale du risque de désertification dans la région de la Basilicate, Italie du Sud (Lat. 40°6', Long. 16°6') (Of R 1994).

4.7. Infection parasitaire :

L'application de la technologie de télédétection est une méthode importante et efficace pour identifier les ravageurs et les maladies ainsi que pour détecter, cartographier et surveiller les intrus. L'hétérogénéité spatiale complique l'étude des tendances des invasions biologiques, mais avec sa large perspective, la télédétection a le potentiel de fournir des informations pertinentes (**C. Joshi et al., 2002**). Les applications de télédétection fournissent des données importantes pour la détection et la cartographie de la chute des feuilles, la caractérisation des modèles de tomographie, etc. Les applications de télédétection pour la surveillance et l'évaluation de la défoliation des insectes ont été utilisées pour relier les changements dans les réponses spectrales à la chlorose, au jaunissement des feuilles et au feuillage caduc au fil du temps, et ces différences peuvent être corrélées, classées et interprétées (**M. Gebeyehu 2019**).

4.8. Gestion des ressources en eau :

La gestion des ressources en eau est une entreprise essentielle en réponse à la pénurie d'eau mondiale et régionale croissante constatée au cours des dernières décennies. Pour assurer une utilisation efficace et durable de l'eau, les dernières technologies sont utilisées. La télédétection est devenue l'un des outils les plus efficaces pour évaluer et surveiller les ressources en eau. La télédétection hyperspectrale est une technique qui permet une analyse détaillée des paramètres liés à l'eau en capturant des informations sur plusieurs bandes spectrales. Cette approche permet une meilleure compréhension des variations spatiales, spectrales et temporelles, conduisant à une estimation plus précise des informations nécessaires pour les applications des ressources en eau. La télédétection par micro-ondes a également joué un rôle important dans la gestion des ressources en eau. Il permet d'évaluer la disponibilité de l'humidité du sol à l'aide de données de télédétection. Ces informations sont cruciales pour comprendre la teneur en humidité du sol, qui a des implications directes sur la productivité agricole, la modélisation hydrologique et la surveillance de la sécheresse.

Parmi les différentes ressources en eau, les eaux souterraines se distinguent comme une ressource naturelle inestimable. Elle soutient non seulement la santé et le bien-être humains, mais aussi la biodiversité et le développement économique. Cependant, la surexploitation des eaux souterraines constitue une menace importante pour les écosystèmes et les générations futures. Des stratégies efficaces de gestion des ressources en eau sont nécessaires pour prévenir l'épuisement et la dégradation des réserves d'eau souterraine.

En utilisant les technologies de télédétection, y compris les approches hyperspectrales et micro-ondes, les gestionnaires des ressources en eau peuvent obtenir des informations précieuses sur la disponibilité, la distribution et la qualité des ressources en eau. Ces informations permettent de meilleurs processus décisionnels pour la gestion durable de l'eau, la conservation et la préservation de cette précieuse ressource naturelle (**M. Gebeyehu 2019**).

Les technologies des systèmes d'information géographique (SIG) et de télédétection (RS) sont largement utilisées dans le domaine de l'hydrologie des eaux souterraines. Elles permettent de mieux comprendre et gérer les ressources en eau en intégrant des informations spatiales telles que les sources d'eau, les bassins versants, la topographie, l'utilisation des terres, les précipitations, la température, l'humidité, les conditions et la composition des sols, la géologie, les conditions atmosphériques, les activités humaines et les données environnementales. L'utilisation conjointe du SIG et de la télédétection permet d'analyser de manière globale les ressources en eau, en fournissant des outils pour l'organisation, la visualisation et l'analyse des données géospatiales. Cette combinaison facilite l'identification des sources d'eau, l'évaluation des caractéristiques des bassins versants, la cartographie des surfaces topographiques, l'analyse des modes d'utilisation des terres, le suivi des conditions climatiques, l'évaluation des sols, l'étude de la géologie, la prise en compte des conditions atmosphériques, l'analyse des activités humaines et l'intégration de données environnementales (**M. Kumar et al., 2006**) De plus, l'intégration du SIG et de la télédétection permet d'évaluer la croissance de la végétation aquatique, la qualité des marais salants et les perturbations des plaines inondables au fil du temps. En résumé, l'utilisation des technologies du SIG et de la télédétection dans l'hydrologie des eaux souterraines fournit des informations précieuses sur les aspects spatiaux des ressources en eau, permettant une gestion efficace et durable des eaux souterraines et douces. Ces technologies facilitent les évaluations globales, le suivi et l'analyse des facteurs influençant la disponibilité et la qualité de l'eau, contribuant ainsi à la prise de décisions éclairées et à l'élaboration de stratégies de gestion des ressources en eau (**R. Welch R et M. Remillard 1991**).

CHAPITRE IV:
PRÉSENTATION
DE LA ZONE
D'ÉTUDE :

1.Contexte générale :

Notre choix pour la wilaya de Tiaret, comme région d'étude est basé sur sa vocation agricole prédominée par la céréaliculture. Nous avons consacré cette partie à une description générale de la région de Tiaret et évoqué les différentes caractéristiques du climat, des milieux naturels et du sol. La région de Tiaret se compose de deux parties distinctes ; La région agricole au nord, où l'on pratique la céréaliculture associée à l'élevage, et les steppes au sud, où se pratique l'élevage à grande échelle (**H. Boulenouar 2016**).

2.Superficie et situation géographique :

Située à 340 km de la capitale Alger au nord-ouest du pays, partie de la région des hauts plateaux ouest, avec une superficie de 20 673 km² ; la wilaya de Tiaret se présente comme une zone de contact entre le Nord et le Sud. Le territoire de la wilaya est constitué de zones montagneuses au Nord, de hautes plaines au centre et des espaces semi-arides au Sud. Elle s'étend sur un espace délimité entre 0.34° à 2.5° de longitude Est et 34.05° à 35.30° de latitude Nord. La wilaya de Tiaret est composée de 14 daïras et de 42 communes. Elle est limitée par plusieurs wilayas à savoir :

- Au Nord : par la wilaya de Tissemsilt et Relizane.
- Au Sud : par la wilaya de Laghouat et El Bayadh.
- A l'Est : par la wilaya de Djelfa.
- A l'Ouest : par la wilaya de Saida.
- Et au Nord-ouest : par la wilaya de Mascara.

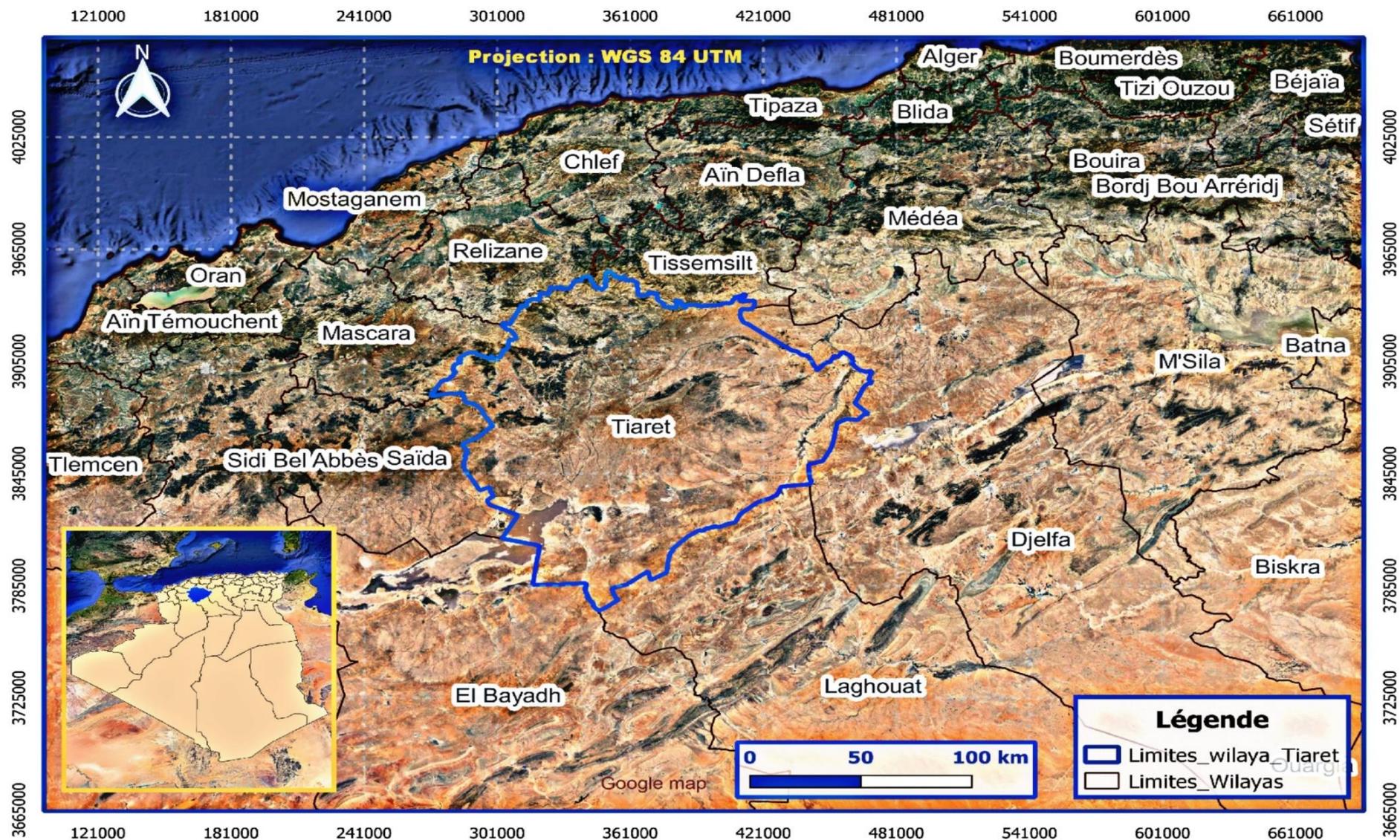


Fig n° (22) : Carte de situation de La wilaya de - Tiaret – (Belfali Dalila Manel 2023).

3.Cadre géomorphologie :

La région de Tiaret présente deux grands ensembles morphologiques l'Atlas tellien et les Hautes plaines.

Selon (**Duvignaud 1992**) l'analyse géomorphologique, permet d'identifier quatre unités distinctes et plus au moins homogènes :

- a. Collines de Tiaret : Cette zone coïncide avec l'ensemble tellien, avec la vallée de la Mina autour du barrage Bakhadda et les monts de Tiaret. Une chaîne de piémont constituant le versant méridional de l'Ouarsenis (Dj. Bechtout, Dj. Si Maarouf, Dj Mahnoun, Dj Guedèle), à orientation Est-Ouest fortement érodée.
- b. Les monts de Frenda : (Massif forestier de Sdamas Chergui et Sdamas Gharbi, bassin de Takhmaret) un ensemble montagneux d'altitude moyenne.
- c. Plateau du Sersou : (Hautes plaines du Sersou, Vallée de Nahr El Oousel) un domaine tabulaire vaste, prédomine des formes planes emboîtées.
- d. Parcours Steppiques : constituants une vaste plaine regroupant la cuvette du Chott Chergui à l'Ouest et le chaînon du Nador (Dj. Nador, Dj N'sour, Dj. Es safah, Dj Chemer, Ras Sidi Atallah).

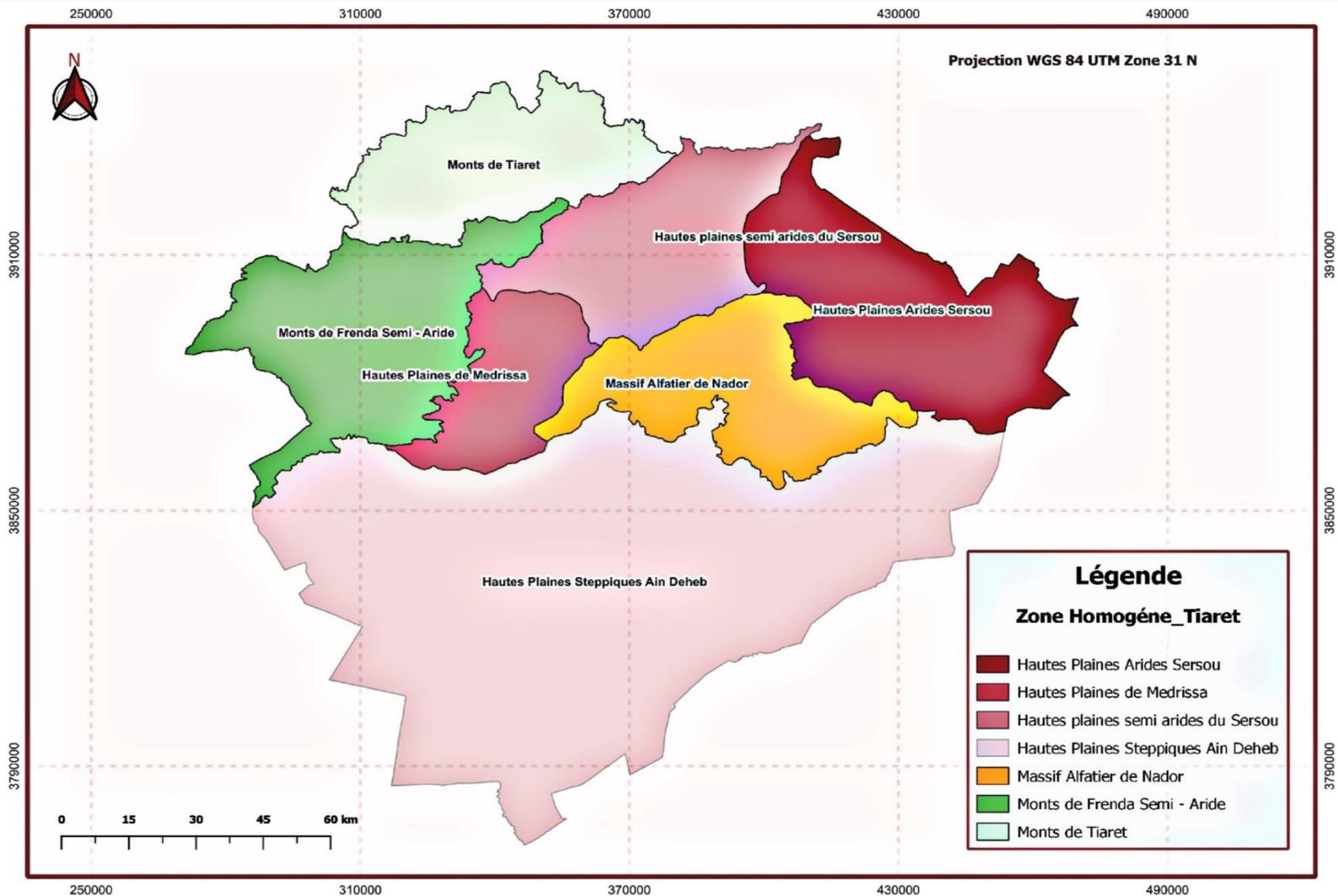


Fig. n° (23) : Les régions naturelles de la wilaya de Tiaret (M. Bouacha 2019).

4.Occupation des sols :

La région de TIARET est une région à vocation agro sylvo pastorale (M. Bouacha 2019), une lecture de la carte d'occupation des sols « C.O.S » (Fig. n°24), La wilaya recèle d'importantes potentialités naturelles et notamment 1.609.900 ha de terres agricoles, 142.422 ha de zones steppiques et d'une zone forestière de 142.966 ha .Les terres agricole sont réparties à raison de 705 650 ha agricoles utiles dont 26 384 ha en irrigué et un million d'hectares en steppe, parcours, alfa et forêts, la wilaya de Tiaret est dominée par le système « céréales- élevage » dont l'intégration constitue l'essentiel de la production agricole et de la croissance économique. Les effectifs ovins et bovins représentent l'autre volet important du système de production agricole de la wilaya (L. Abid 2013) Le reste du territoire est occupé par les terres improductives formées de terrain rocheux et plan d'eau.) Les céréales prennent presque 45% de cette superficie, soit 316950 ha et les fourrages occupent 40970 ha. Malgré cette grande superficie, les rendements sont généralement faibles (DSA 2013).

Tableau n° (8) : Répartition et occupation des terres dans la région de Tiaret (DSA 2013).

Terre	Superficie (en ha) 2013
Superficie Totale de la wilaya (S.T)	2 008 662
Superficie Agricole Totale (S.A.T)	1 609 900
Superficie Agricole Utile (S.A.U)	705 650
Superficie Irriguée	26 384
Superficie des forets	142 966
Zone steppique	142.422

Tableau n° (9) : Répartition des cultures dans la région de Tiaret (DSA 2013).

Spéculation	Superficie (ha) 2013
Céréales	316950

Légumes secs	1350
Jachère	315231
Fourrage	40970
Cultures maraichères	10560,5
Vignoble	530
Cultures fruitières	6 793

Tableau n° (10) : Répartition et occupation des terres dans la région de Tiaret (DSA 2022).

Spéculations				Superficie (ha)
Superficie Agricole Totale S.A.T	Superficie Agricole	Terres Labourables	Cultures herbacées	303 318
			Terres au repos	377 395
		Utile S.A.U	Cultures Permanententes	Plantations fruitières
	Vignobles			244
	Prairies naturelles			42
	Total Superficie Agricole Utile			688 725
	Pacages et parcours			420 606
Total des terres utilisées par l'agriculture (S.A.T)				1 109 331
	Terres alfatières			326 000
	Terres forestières (bois, forêts, maquis...)			154 200
	Terres improductives non affectées à l'agriculture	Domaine Public et Maritime		390 417

Autre Terres		Domaine industrielle et Divers	250 59
Total Superficie Territoriale			2 005 005

Le territoire de la wilaya de Tiaret peut être subdivisé en trois parties distinctes :

- ✓ Au Nord : zone montagneuse.
- ✓ Au Sud : zone steppique.
- ✓ Au Centre : zone des hautes plaines.

Avec les typologies agro-écologiques suivantes :

- ✓ Agro-sylvicole ;
- ✓ Agro-sylvo-pastorale ;
- ✓ Agro-pastorale ;
- ✓ Alfatières / Steppes (**M. Achir 2009**).

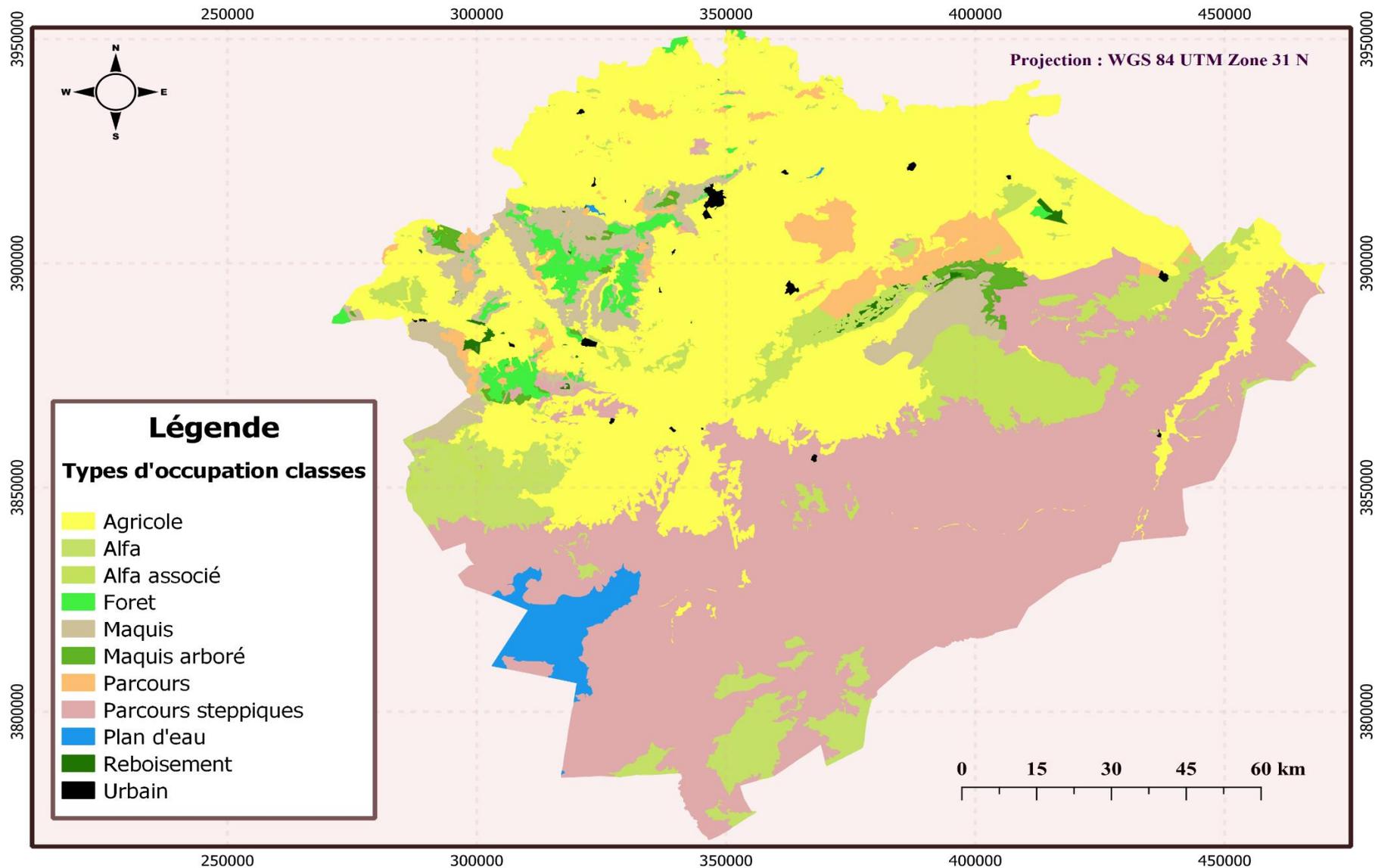


Fig. n° (24) : Carte d'occupation du sol De Région de -TIARET- (M. Bouacha 2019).

5.Pédologie :

La région de Tiaret est dominée par des sols sableux, argileux et calcaires, ce qui en fait le centre d'une zone agricole importante (**P. Duvignaud 1992**).

Après Le constate de La Carte de (**J. Durand 1954**) montre la prédominance des sols calcaires sur l'ensemble du territoire de la région (Fig. n°25). Avec d'autres types de sols comme les sols de marais ou alluviaux. Dans les régions forestières, Les sols calcaire dans la majorité de ces espaces boisés (Sdamas, Gaada, monts de Frenda), avec des textures variables (**J. Durand 1954; F. Kabir 2001**).

D'après (**T. Moumene 1993**) in (**DJ. Miara 2011**) la couverture pédologique des zones agricoles cultivées de la région de Tiaret correspond aux classes suivantes selon la classification française (**CPCS 1967**) adoptée en Algérie :

- Les vertisols : à structure anguleuse et les vertisols à structure arrondie,
- Les sols calcimagnésiques : sols bruns calcaires noircis, les sols bruns calcaires vertiques et les sols bruns calcaires à accumulation calcaires,
- Les sols à sesquioxyde de fer : sols rouges méditerranéens à réserve calcique et les sols rouges méditerranéens peu lessivés,
- Les sols iso humiques : marron calcaires rubéfiés et les sols marrons rubéfiés .

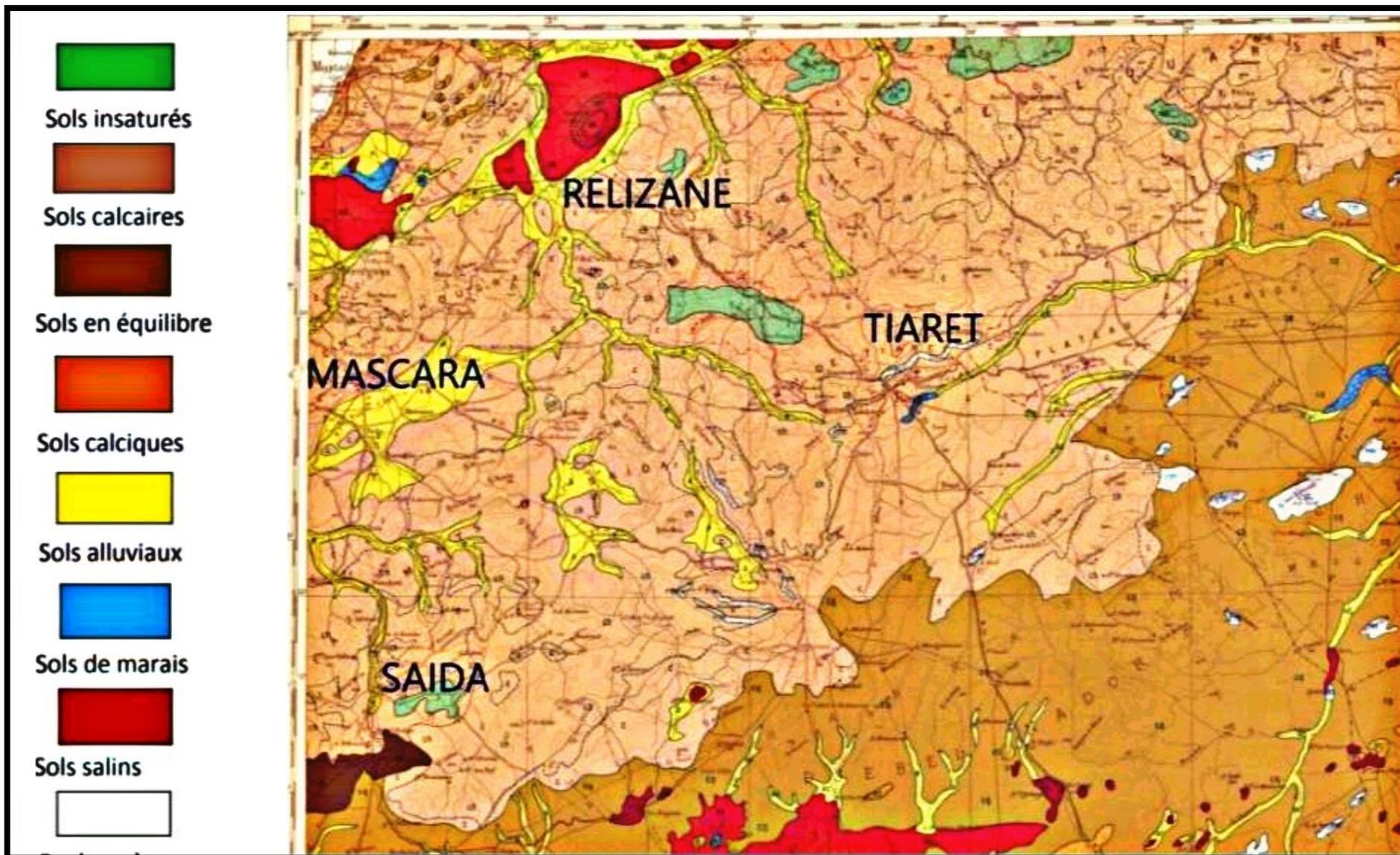


Fig. n° (25) : Les principaux types de sols de la région de Tiaret (Durand 1954) in (DJ. Miara 2011).

6.Lithologie :

Les sols sont évalués en fonction de leurs propriétés physico-chimiques qui sont influencées par divers facteurs tels que l'érosion dynamique, le climat, la géologie locale ainsi que l'impact de l'activité humaine (**H. Boulenouar 2016**).

Tableau n° (11) : Découpage de la wilaya de Tiaret en zones et sous zones homogènes selon la Lithologie (**BNEDER 2009**).

Zones homogènes	Sous zones homogènes	Lithologie
Monts de Tiaret.	<ul style="list-style-type: none"> - Collines de Sidi Ali Mellal. - Dépression de Sidi Hosni - Rahouia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prédominance des marnes. Conglomérats et calcaires friables sur Djebel Kabouche. Erosion importante au niveau des terres marneuses
Hautes plaines semi arides du Sersou.	<ul style="list-style-type: none"> - Vallée Nahr El Oousel. - Hautes plaines semi arides du Sersou. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alluvions et sables le long de l'Oued. Croûte calcaire dans les flancs Nord du plateau du Sersou.
Hautes plaines arides du Sersou.	<ul style="list-style-type: none"> - Plateau aride du Sersou - Plateau aride de Ksar Chellala. - Vallée de l'Oued Touil Nord. 	<ul style="list-style-type: none"> - Croûte calcaire. - Calcaires et dolomies dures sur les Monts.
Massif alfatier de Nador	<ul style="list-style-type: none"> - Djebel Nador semi-aride. - Piémont aride de Nador. - Vallée de l'oued Feidja 	<ul style="list-style-type: none"> - Calcaires friables - Calcaires et dolomies dures
Hautes plaines steppiques d'Ain Deheb.	<ul style="list-style-type: none"> - Plateau steppique d'Ain Deheb. 	<ul style="list-style-type: none"> - Croûte calcaires voiles sableux et menaces d'ensablement des terres de

	<ul style="list-style-type: none"> - Plateau céréalier d'Ain Deheb. - Plateau alfatier d'Ain Dez. - Plateau alfatier d'El Harcha - Chott Ech Chergui. - Vallée de l'Oued Touil Sud. 	<p>cultures de vallée Oued Touil et zone agricole autour de Ain Deheb.</p>
Hautes plaines de Médrissa.	Pas de découpage en sous zone	-Croûtes calcaires
Monts de Frenda semi arides.	<ul style="list-style-type: none"> - Massif forestier de Sdamas Chergui. - Monts de Sdamas Gharbi Nord - Monts de Sdamas Gharbi Sud. - Bassin de Takhmaret. - Bassin de Frenda. 	<ul style="list-style-type: none"> - Calcaires et dolomies dures sur les reliefs. - Marnes au Centre et sur bas piémonts. - Alluvions et sables.

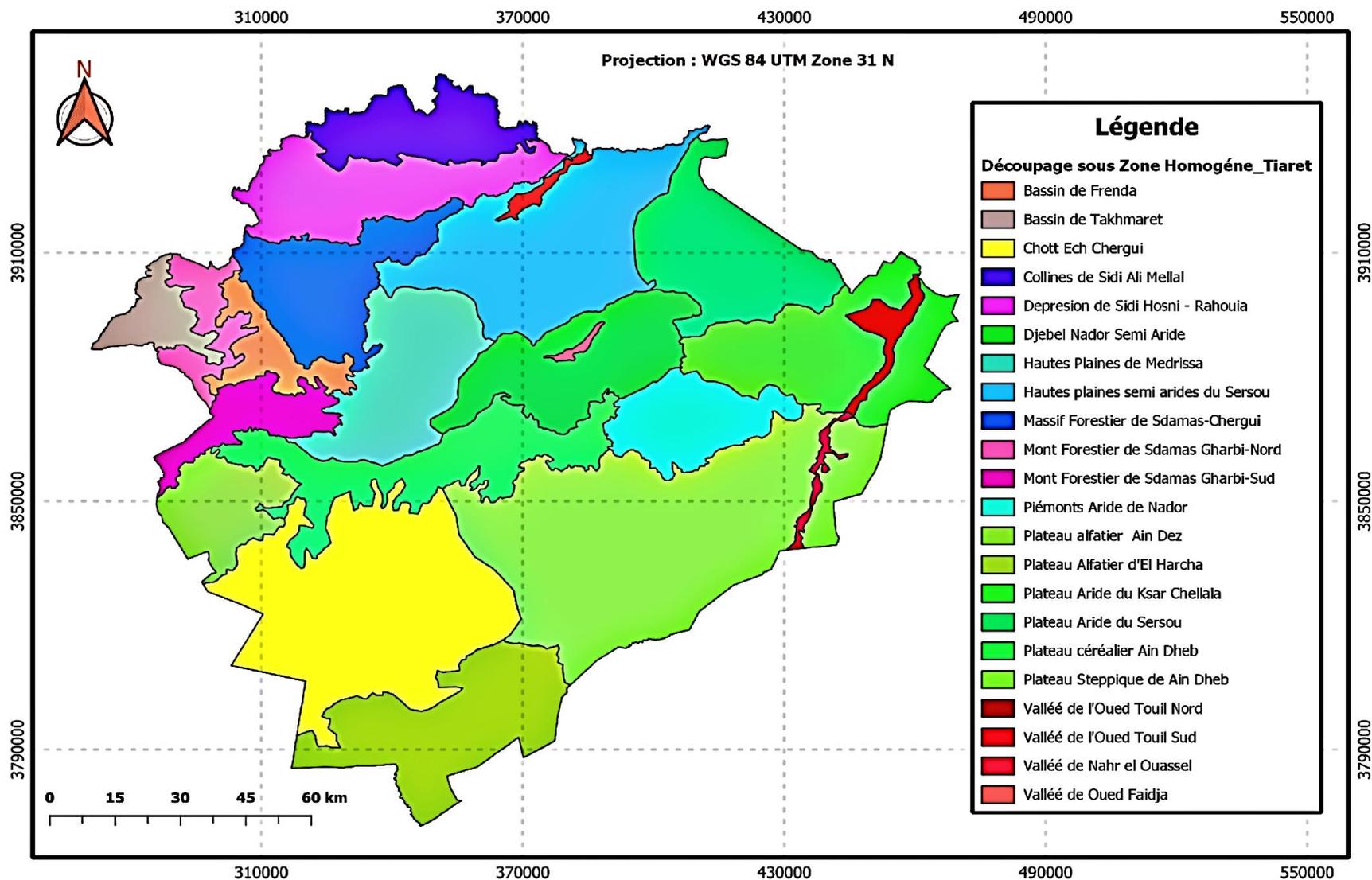


Fig. n° (26) : Carte de Découpage des sous zones homogène dans la région de Tiaret (M. Bouacha 2019).

7.Cadre hydrologique :

7.1. Bassins versants : La zone de Tiaret fait partie de deux bassins versants, le bassin versant du Chellif Zahrez qui est divisé en 18 sous-bassins versants, et le bassin versant des Hauts Plateaux Oranais qui est divisé en 06 sous-bassins versants (**H. Boulenouar 2016**).

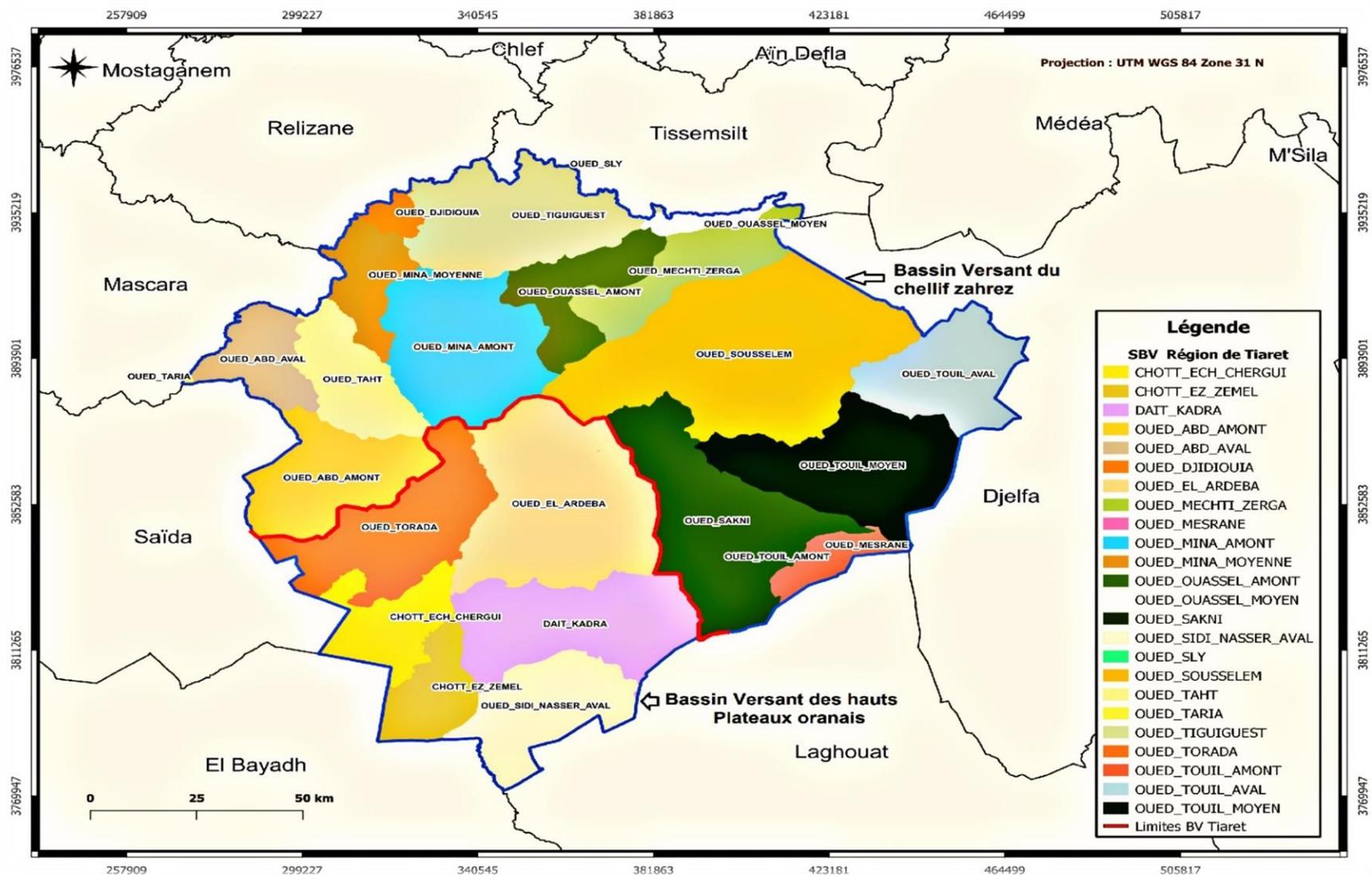


Fig. n° (27) : Carte des bassin et sous bassins versant (BV + SBV) dans la région de Tiaret (M. Bouacha 2019).

7.2. Le Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique de la région de Tiaret s'étend sur 1938 km, comprenant 889 km de cours d'eau permanents tels qu'Oued Mina, Oued Faidja, Oued Touil, Oued Taht, Oued Abd, Oued Tiguiguesst et Oued Rhiou, principalement situés dans la partie Nord, ainsi que 1049 km de cours d'eau temporaires principalement situés dans la région Sud (les zones steppiques) **(C.F.T 2014)**.

7.3 Les ressources souterraines et superficielles en eau :

7.3.1 Les ressources souterraines :

Les ressources souterraines répartir comme suit (ADE 1999) in (M. Negadi 2019) :

Zone d'Oued Touil :	16.03 millions de m ³
Zone de Chatt Chergui :	21.03 millions de m ³
Zone de Sersou :	46.00 millions de m ³
Zone de Mina :	4.55 millions de m ³
Zone de Tiguiguesst :	2.45 millions de m ³
Nahr Ouassel :	2.48 millions de m ³ .
Zone Abd taht :	5.92 millions de m ³ .

7.3.2 Les ressources superficielles :

Selon (ADE 1999). Le barrage de Bakhadda, barrage Dahmouni et barrage Bougara représentent les ressources superficielles en eau de la région de Tiaret. Le besoin en eau potable dans la wilaya de Tiaret est de 150-200 L/h/j, mais reste à 90 L/h/j (M. Negadi 2019)

Tableau n° (12) : Les barrages en exploitation au niveau de la région de Tiaret (DREW 2015) in (H. Boulouar 2016).

Barrages	Profondeur	Superficie de rétention	Capacité portante (hm ³)	Source d'approvisionnement en eau	Utilisation
Bakhadda	33 m	4596m ²	45	Oued Mina	AEP-Irri
Dahmouni	30 m	5350m ²	42	Nahr Ouassel	Irrigation
Bougara	16.5 m	510m ²	13	Nahr Ouassel	Irrigation

8. Caractéristiques Climatiques :

L'étude des phénomènes climatiques est très importante dans plusieurs domaines, en plus de prédire l'avenir de la région (H. Boulouar 2016).

8.1. Climat :

Parmi les facteurs qui influent sur la variabilité du milieu, on cite le climat. Il est défini comme étant l'interaction de l'ensemble des facteurs (température, pluviométrie, vent etc...).

Le climat prévaut dans la région de Tiaret continental. Des hivers froids et humides et des étés chauds et secs. Précipitations faibles et irrégulières du point de vue de la distribution et de la quantité. Il est situé dans une phase bioclimatique semi-aride avec des chutes de neige et des gelées occasionnelles en hiver, et en été la présence de vents secs (Sirocco) (**Station météorologique de Tiaret 2010**).

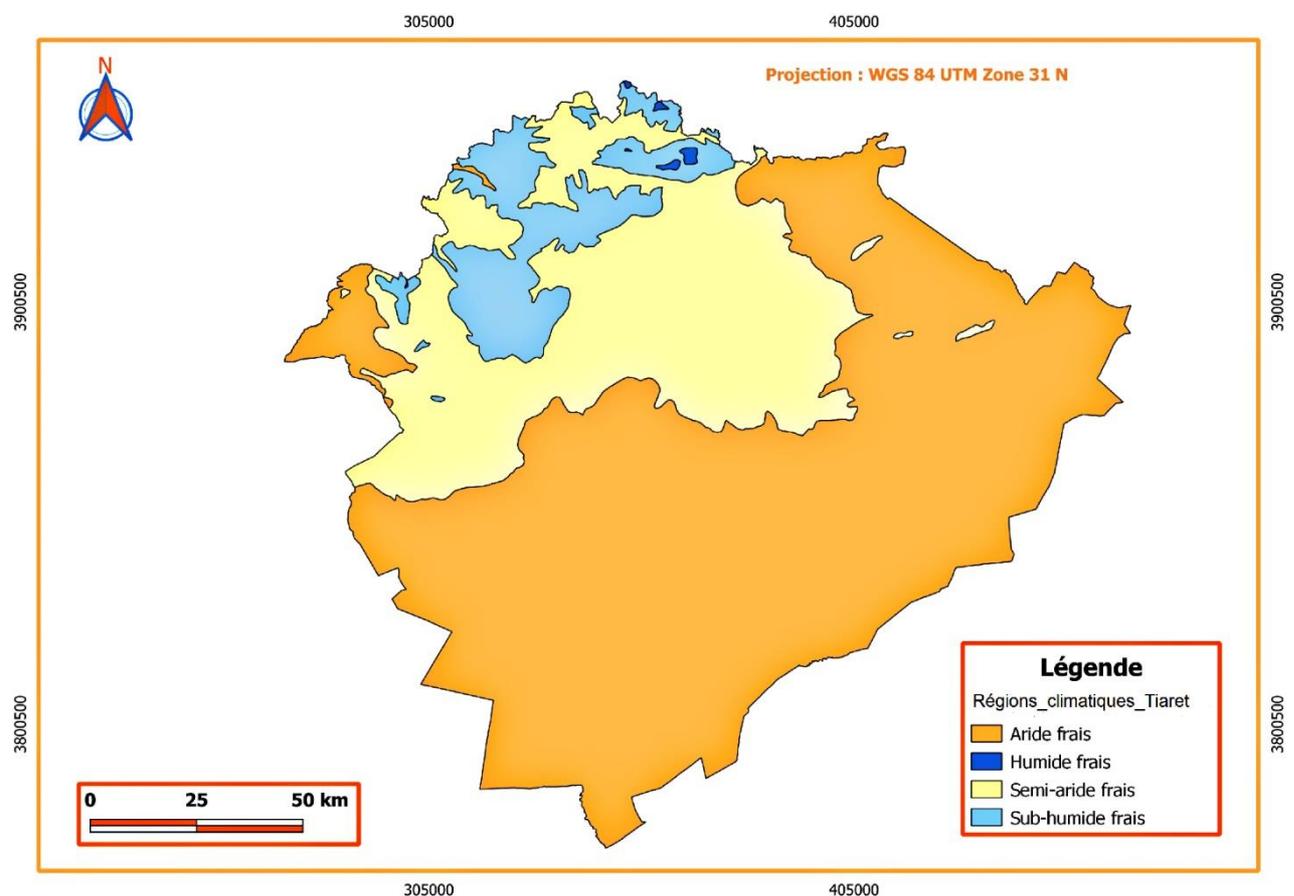


Fig. n° (29) : Carte des étages bioclimatiques de la région de Tiaret (M. Bouacha 2019).

8.1.1. Les précipitations :

La pluviométrie est un élément fondamental du climat. Son importance est telle que les différentes classifications du climat reposent essentiellement sur la moyenne annuelle ou mensuelle des

précipitations, en combinaison avec les moyennes et /ou les extrêmes de température (**H. Boulouar 2016**).

(**S. Djebaili 1978**) définit la pluviosité comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat.

A) Les précipitations mensuelles moyennes :

Les précipitations mensuelles en 2022, au niveau de la wilaya de Tiaret sont données dans le tableau n° 13 Avril est le mois le plus pluvieuse avec une pluviométrie moyenne de 118.11 mm Le mois de juillet s'avère le plus sec avec une pluviométrie de 3.81 mm

Tableau n° (13) : Précipitations mensuelles moyennes année 2022 de Tiaret (Master web 1).

Mois	Précipitation (mm) année 2022
Janvier	7.11
Février	20.07
Mars	72.4
Avril	118.11
Mai	18.53
Juin	4.57
juillet	3.81
Aout	11.17
Septembre	8.12
Octobre	41.93
Novembre	36.83
Décembre	23.37
Total	366.02
Moyenne	30.50

La Figure représente les précipitations mensuelles durant la période (1987-2022), selon le graphique observé le mois le plus pluvieux (Avril) avec une pluviométrie moyenne de (42.11 mm), et (juillet) s'avère le mois le plus sec avec une pluviométrie de (3.29 mm).

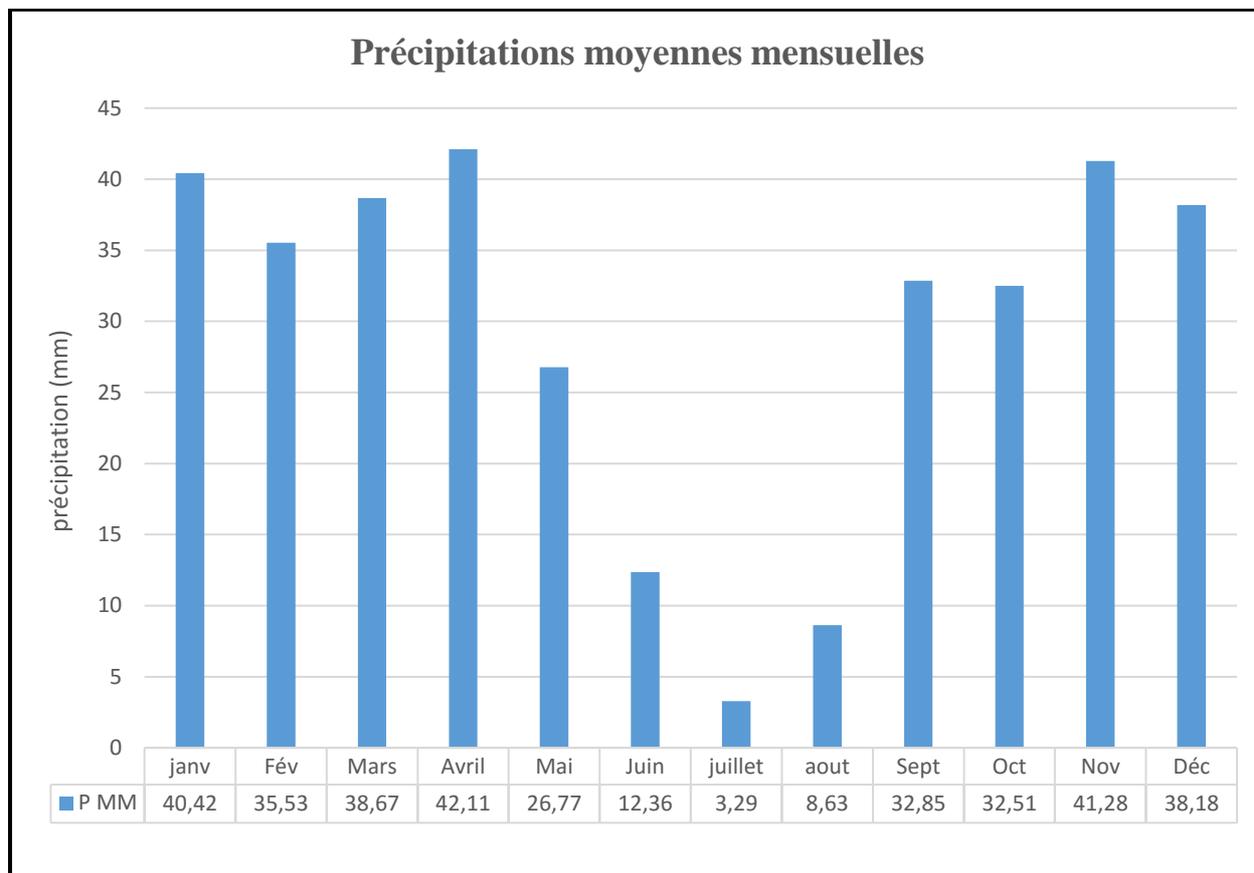


Fig. n° (30) : Précipitations moyennes mensuelles durant la période 1987-2022 (**Master web 1**).

B) Précipitations annuelles moyennes :

Selon les données, la moyenne pluviométrique annuelle calculée au cours de cette période (1987 à 2022) est égale à (352.68 mm).

D'après l'analyse de graphique (Fig. n° 31) et les données des précipitations pour chaque année, on constate que les années les plus arrosées sont : 2013 avec une pluviométrie de (662,19 mm) et 2018 avec une pluviométrie jusqu'à (615,19 mm). Les années les plus sèches sont : l'année 1999 avec une précipitation de (162,57 mm) ainsi que l'année 1990 avec une somme de (201,45 mm).

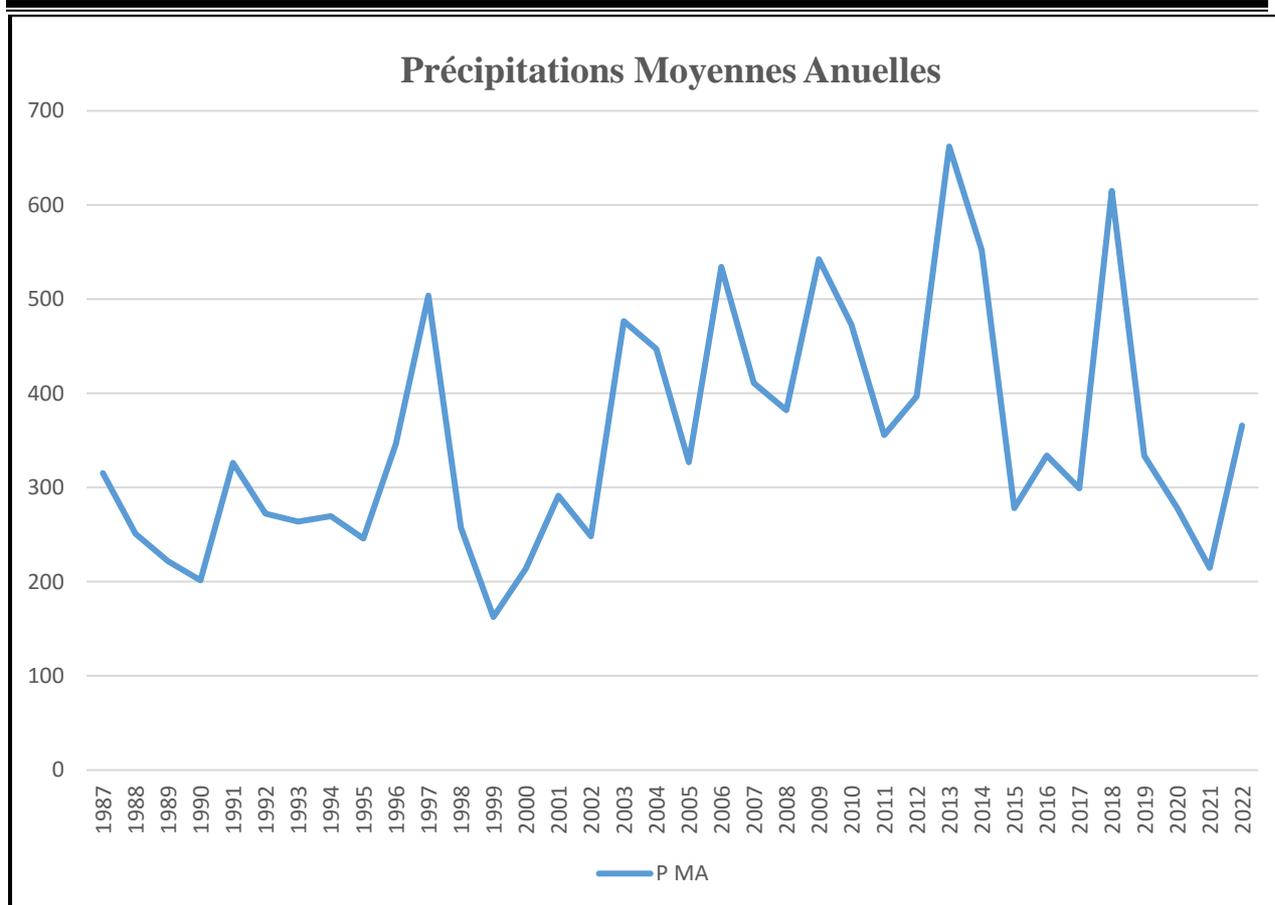


Fig. n° (31) : Précipitations annuelles moyennes durant la période (1987-2022) (Master web 2).

8.1.2. Température :

La température est l'un des éléments le plus déterminant dans la caractérisation de la végétation. Chaque espèce présente un seuil minimal ou maximal qui lui permet de se maintenir en vie (A. Bentouati 2006).

A) Température moyenne mensuelle :

Le Tableau n° 14 nous donne les températures mensuelles moyennes en 2022. Il s'avère que la plus basse température (4.8 °C) est enregistrée au cours du mois de janvier. La température la plus élevée (28.1°C) est celle du mois de juillet.

Tableau n° (14) : Température mensuelle moyenne en 2022 de Tiaret (Master web 1).

Mois	Température (C °)	Température max (C°)	Température min (C°)
Janvier	4.8	12.1	1
Février	8.4	15.8	1.2
Mars	9.6	14.3	5.1
Avril	11	16.8	5.6
Mai	18.1	25.8	10
Juin	25	33.9	15.9
juillet	28.1	36.9	18.2
Aout	27	35.7	17.7
Septembre	23.1	30.9	16.3
Octobre	19.1	26.9	12.6
Novembre	12.2	19.2	6.3
Décembre	10.3	16.4	5.1
Moyenne	16.4	23.8	9.4

La Figure 32 représente la température moyenne mensuelle durant la période (1987-2022), selon le graphique observé le mois le plus froid est (janvier) avec une température moyenne de (6.16 C°), et (juillet) s'avère le mois le plus Chaud avec une température Moyenne de (26.44 C°).

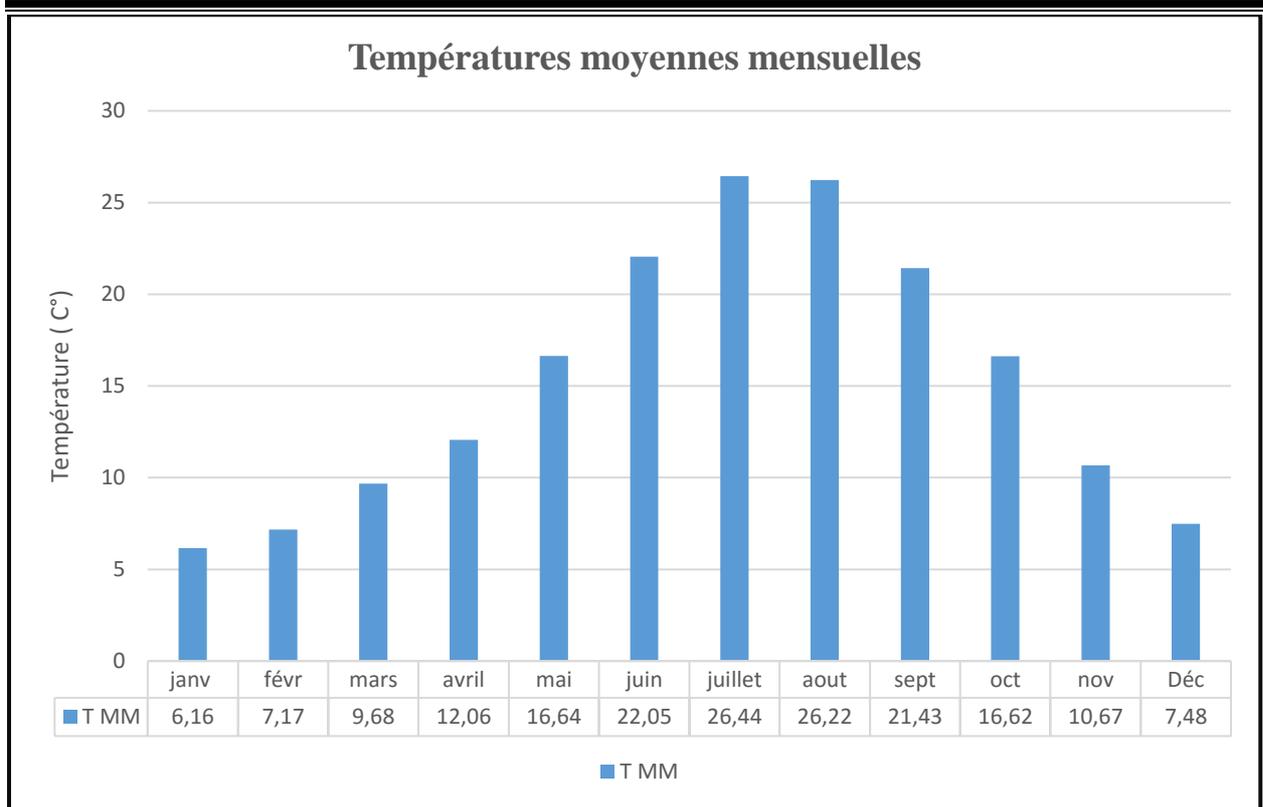


Fig. n° (32) : Température Moyennes Mensuelles Durant La période 1987-2022 (Master web 1).

B - Température moyenne annuelle :

La

température moyenne annuelle de la période (1987-2022) est de l'ordre de (15.21c°), En Remarques que l'année (2022) est la plus chaude avec la moyenne annuelle (16.4 c°), par contre l'année (1992) marque la température la plus basse avec une moyenne annuelle (13.4 c°).

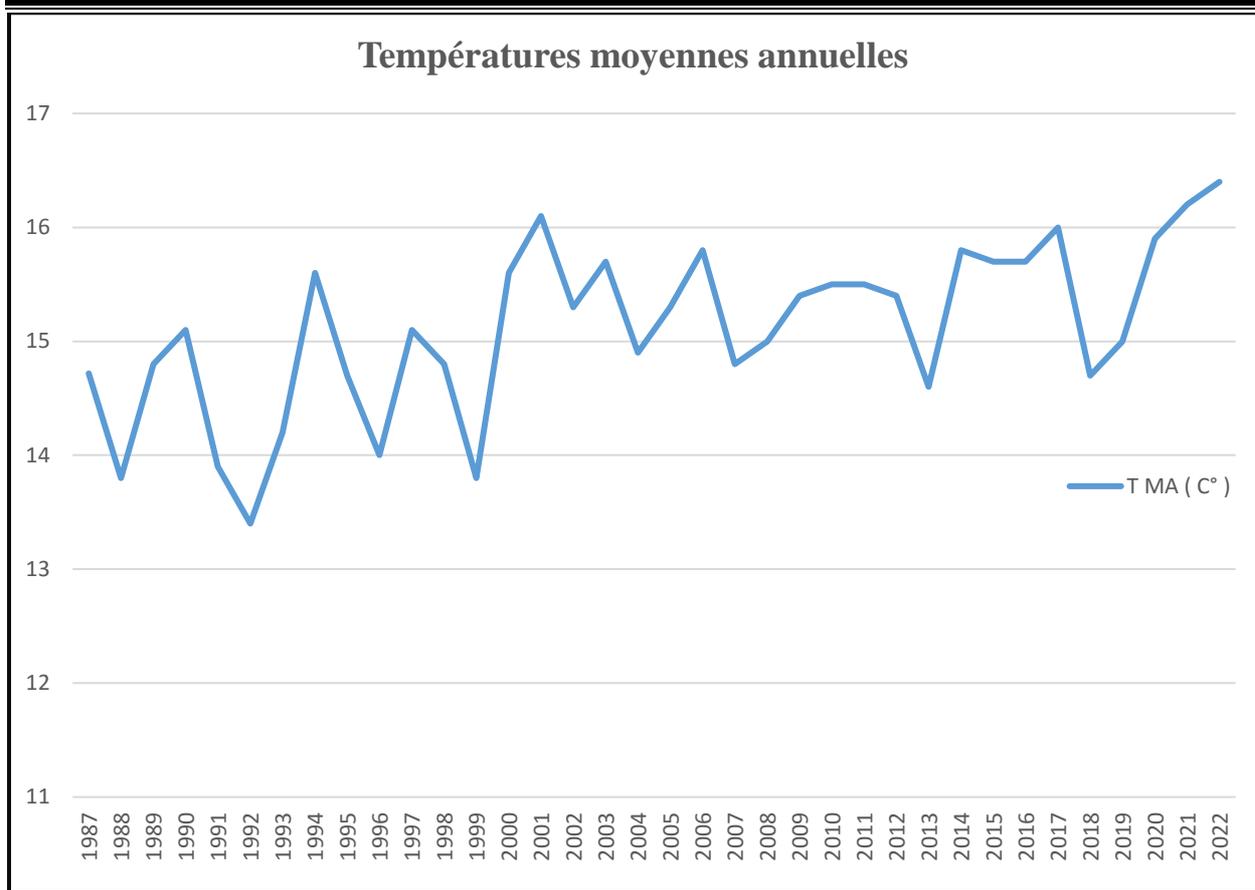


Fig. n° (33) : La Température moyenne annuelle durant la période 1987-2022 (Master web 1).

8.1.3 : Humidité Relative :

Comme la plupart des régions des hauts plateaux, le climat de la wilaya est sec en été et elle est humide en hiver, la moyenne annuelle d'humidité est 48.4 % (Tableau 15).

Tableau n° (15) : Humidité mensuelle et annuelle moyenne dans la région de Tiaret en 2022 (Master web 1).

Mois	jan	Fév	Mars	avril	mai	juin	juillet	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
H Moyenne (%)	52.4	50.5	67.4	70.3	50.3	30.4	26.5	25.7	42.8	45.1	56.9	63.9
Humidité moyenne annuelle = 48.8 %												

8.2. Les phénomènes secondaires :

8.2.1. Les gelées : Les gels apparaissent du mois de novembre au mois d'avril. Selon P. SELTZER (1913-1938), il gèle pendant environ 42 jours dans la région de Tiaret. Les plus marquées sont enregistrées durant les mois de janvier et de février avec une fréquence de 12 à 16 jours, et elle diminue en avril où elle n'est que de deux (02) jours.

8.2.2. La grêle : Il y a peu de grêle dans la région de Tiaret, environ un jour par année. Selon SELTZER (1913-1938). Il est présent dans les mois les plus froids (janvier-février). Il provoque des dommages considérables à la production agricole, en particulier pour les céréales au stade de la floraison.

8.2.3. La neige : Selon SELTZER (1913-1938), le nombre moyen de journées de neige est de 03 par an. Elle est fréquente pendant la période froide de novembre à mars.

8.2.4. Les Vents : Le vent est un facteur climatique déterminant. Il est caractérisé par sa direction, sa fréquence et son intensité. Il exerce une action sur les variations de températures et d'humidité (DJ. Miara 2011). Les vents du nord et du nord-ouest constituent les vents les plus dominants et les plus frais. La vitesse moyenne annuelle du vent pour l'année 2022 est 11.7 km/h. Le sirocco souffle à partir de mai mais atteint un maximum de 3 à 4 jours pendant le mois de juin-juillet. Durant l'année, il souffle en moyenne 24 jours ; c'est un vent sec et chaud causant des dégâts sur les cultures.

Tableau n° (16) : Vitesse mensuelle moyenne du vent de la région de Tiaret 2022 (Master web 2)

Mois	Janv	Fév	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Moy
Vitesse du vent km/h	9.4	9.7	17.7	14.6	9.5	9.9	9.4	8.9	12.8	10.7	13.8	14.5	11.7

8.3. Analyse bioclimatique :

8.3.1 Diagramme Ombrothermique de Gaussen :

Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS & GAUSSEN Une comparaison évolutive entre la température et les précipitations permet de comprendre le comportement du climat dans notre

région (M. Bouacha 2019) révèle l'existence de deux périodes bien distinctes, une période sèche et une période humide :

- A) La période sèche Chaude et sèche, elle s'étend de mi-mai jusqu'à mi-septembre. Elle est caractérisée par de faibles précipitations (0_ 12mm).
- B) La période humide : Elle s'étend du mi-septembre jusqu'au le mi-mai. Elle est caractérisée par un maximum de précipitation de 115 mm.

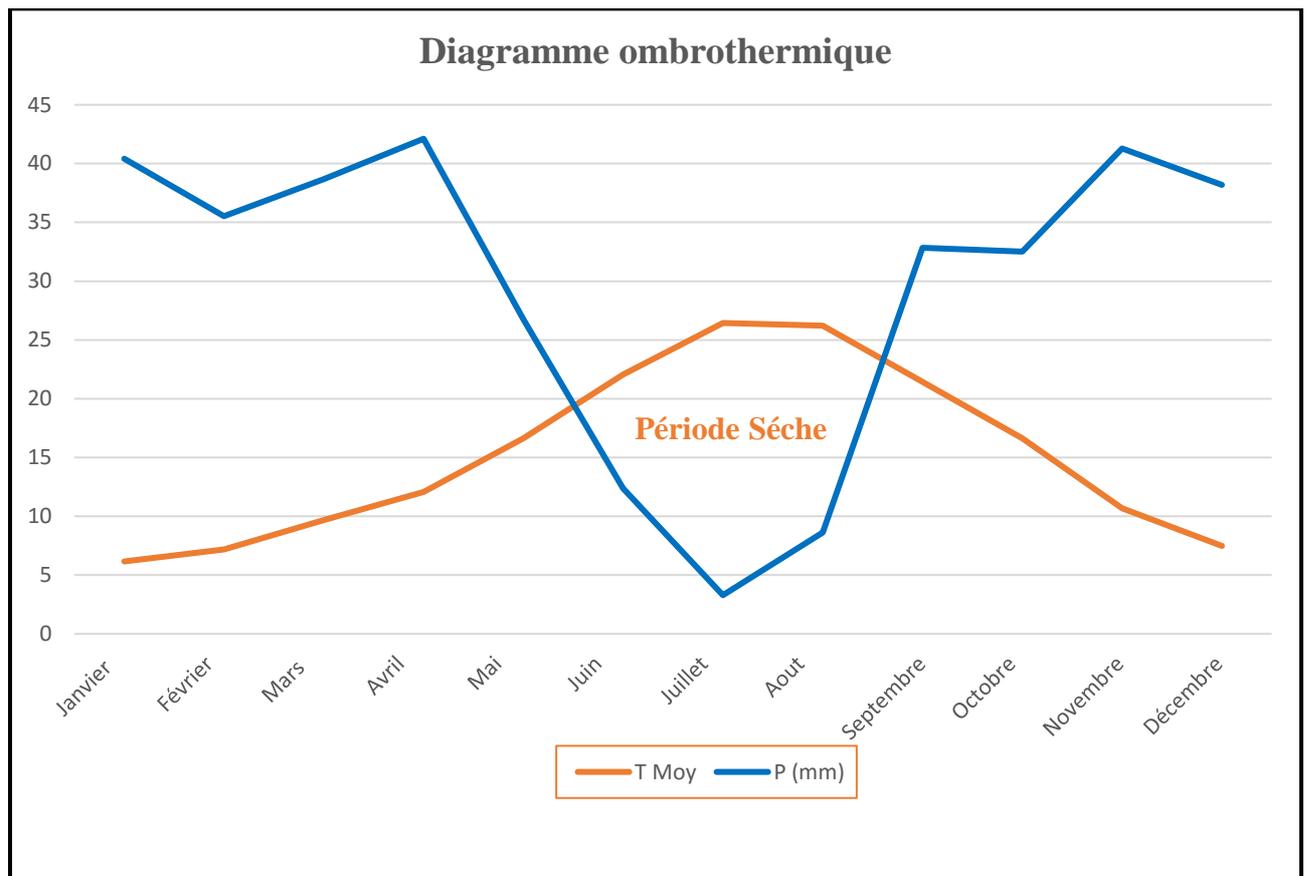


Fig. n° (34) : Diagramme Ombrothermique de la région de Tiaret (1987-2022).

8.4.2 L'étage bioclimatique (Le climagramme d'EMBERGER) :

Le coefficient pluviométrique d'Emberger permet de classer les différents types de climats méditerranéens (Dajoz 2006).

Basé sur les critères liés aux précipitation annuelles moyennes (P en mm), la moyenne des minimas du mois le plus froid de l'année (m) et la moyenne des maxims du mois le plus chaud (M), cet indice est décrit selon la formule suivante :

$Q2 = 2000P/M^2 \cdot m^2$ (Quezel et Médail 2003) in (M. Bouacha 2019).

Ou Selon la formule de STEWARD (qui simplifie la formule d'EMBERGER) :

Quotient pluviométrique : $Q3 = 3.43 \cdot (P / (TM - Tm))$.

Avec :

Q2 : Quotient pluviothermique.

PP : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

TM : Température moyenne maximale du mois le plus chaud en (°K).

Tm : Température moyenne minimale du mois le plus froid en (°K).

Et : ($1K^\circ = T^\circ + 273.15$).

Tableau n° (17) : Situation bioclimatique de la région de Tiaret

Nom de la station	T max		T min		PP (mm)	Q2	Etage bioclimatique
	(°C)	(°K)	(°C)	(°K)			
Zone d'étude	36.9	310.15	1	274.15	366.02	34.87	Semi-aride Frais

Le quotient pluviométrique (Fig. n° 35) montre que la région de Tiaret est située dans l'étage bioclimatique semi-aride avec un hiver Frais.

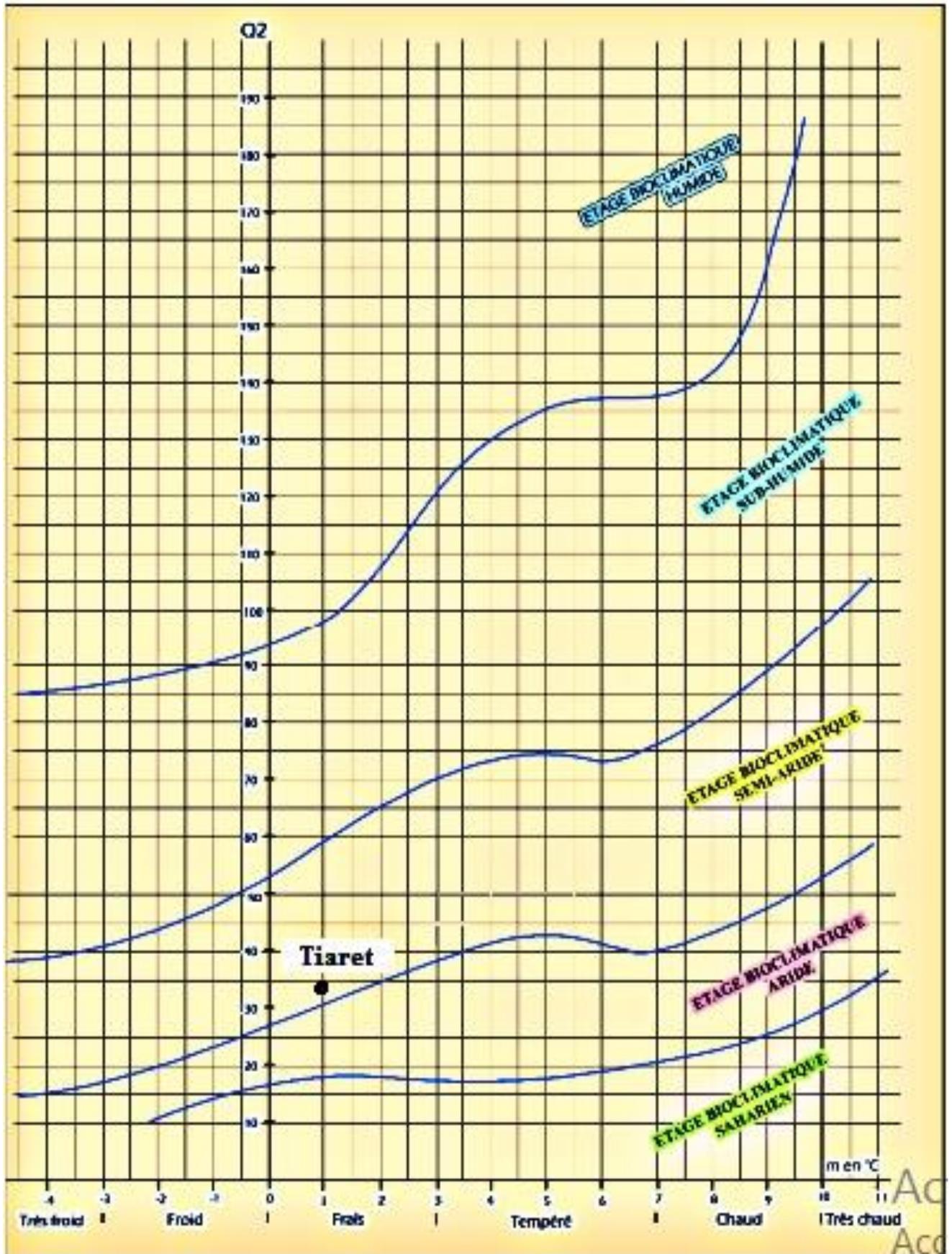


Fig. n° (35) : Climagramme d'Emberger de la région d'étude (Tiaret) 2022.

9. La faune et la flore :

9.1. La Flore : Dans la Wilaya de Tiaret, le chêne vert (*Quercus ilex*) est l'essence forestière la plus courante, représentant 60% de la couverture végétale. Cependant, il est accompagné d'autres espèces, telles que le chêne liège, qui occupe 20% de la couverture végétale, mais dans un état très dégradé. En outre, on trouve également le pin d'Alep (*Pinus halepensis*), le genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*), le thuya de Berbérie et le genévrier oxycedre. D'autres espèces présentes dans la région incluent le pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*), le calycotome épineux (*Calycotum spinosa*), l'arbousier (*Arbutus unedo*), l'espart (*Stipa tenacissima*), l'armoise blanche (*Artemisia herba-alba*), l'ampélopsis de Mauritanie (*Ampelodesma mauritanica*) et le palmier nain (*Chamaerops humilis*) (**A. Ziani 2021**).

9.2. La faune : Selon les investigations menées par l'Agence Nationale de la Nature (ANN) dans les régions de Tiaret et Tissemsilt, voici la faune présente : (**A. Ziani 2021**).

- Avifaune : Plus de 60 espèces d'oiseaux d'origine méditerranéenne ont été identifiées dans la région. Parmi les espèces dominantes, on trouve l'aigle royal, le pic vert, l'épervier, le merle noir, le biset, la grive, le corbeau, le passereau, le geai, la perdrix rouge et la tourterelle.

- Mammifères : Les mammifères sédentaires dominants sont le sanglier, le renard, le chacal doré, le lièvre, le hérisson, la gerboise, le chat sauvage et le porc-épic.

- Reptiles : Dans cette catégorie, on distingue la vipère, l'aspic, le scorpion et le lézard.

10. Activités socio-économiques :**10.1. Agriculture et élevage :**

La wilaya de Tiaret présente un caractère agro-pastoral. L'agriculture se concentre principalement sur la culture des céréales et des fourrages (**A. Ziani 2021**).

10.2. Industrie :

Le tissu industriel de la région est significatif et offre de vastes possibilités en termes de fabrication et de sous-traitance. La zone industrielle de Tiaret abrite des entreprises opérant dans divers domaines tels que l'industrie alimentaire (produits alimentaires, élevage avicole, etc.), la fabrication de matériaux (bitumes, bétons, menuiserie) et le stockage de produits (hydrocarbures, médicaments, etc.) (**A. Ouedraog et A. Arraria 2018**) in (**H. Sibachir 2019**).

CHAPITRE V:
MATÉRIELS ET
MÉTHODES

Dans notre travail, nous nous sommes fixé pour objectif de créer et d'analyser des cartes en utilisant des techniques de télédétection et des Systèmes d'Information Géographique (SIG). Ces cartes nous permettront d'interpréter le milieu agricole et de cartographier les différentes cultures présentes dans la wilaya de Tiaret. Notre objectif final est de produire une carte d'aptitudes agricoles, qui indiquera les zones propices à l'agriculture.

Pour mener à bien cette étude, nous avons utilisé des données satellitaires provenant des capteurs SENTINEL-2. Ces capteurs ont permis d'acquérir des images de la région, qui serviront de base pour notre analyse et notre cartographie.

Mise en œuvre de la méthodologie :

Pour mettre en œuvre notre méthodologie dans le cadre de cette étude, nous avons suivi plusieurs démarches clés :

1. Nous avons utilisé et analysé les statistiques relatives à la superficie et à la production des différentes cultures dans chaque région de la wilaya de Tiaret. Cette analyse nous a permis de créer des cartes de production, mettant en évidence les variations et les tendances dans la répartition des cultures.
2. Nous avons procédé à une comparaison approfondie entre ces cartes de production et une analyse détaillée du milieu agricole. Cette étape nous a permis de comprendre les facteurs environnementaux, tels la qualité des sols, le climat, qui peuvent influencer la productivité agricole.
3. Nous avons identifié les zones qui présentent une meilleure production pour chaque culture. En nous appuyant sur les données recueillies, nous avons déterminé les régions où certaines cultures prospèrent davantage en raison de conditions spécifiques.
4. Nous avons également identifié les exigences spécifiques de chaque culture. Cela nous a permis de comprendre les besoins en termes de sol, d'eau, de nutriments et de climat pour chaque culture étudiée, afin de mieux évaluer leur potentiel de production
5. Enfin, nous avons cherché à établir une concordance entre les principales cultures identifiées et les potentialités naturelles de production, telles que le sol et le climat. Cette étape nous a permis de déterminer la concordance entre les cultures et les conditions environnementales pour maximiser la productivité agricole dans la wilaya de Tiaret.

1.Acquisition des données :**1.1. Données de base :**

Les données de base utilisées dans notre travail proviennent de sources différentes. Tout d'abord, nous avons accès aux statistiques recueillies par la Direction des Services agricoles. Ces statistiques fournissent des informations sur la superficie et la production de chaque culture dans chaque région. Elles sont essentielles pour comprendre les conditions agricoles actuelles et identifier les milieux les plus propices à chaque culture. En

complément des statistiques, nous utilisons également les cartes d'aptitudes agricoles élaborées par la Conservation des Forêts. Ces cartes sont spécifiquement conçues pour éclairer les exigences appropriées de chaque culture dans des régions spécifiques. Elles tiennent compte des facteurs tels que le sol, le climat et d'autres caractéristiques environnementales. Grâce à ces cartes, nous sommes en mesure d'analyser en détail les différentes régions étudiées et de connaître leurs spécificités agricoles. En résumé, en combinant les statistiques

de la Direction des Services agricoles et les cartes d'aptitudes agricoles de la Conservation des Forêts, nous disposons d'une base solide de données qui nous permet d'identifier les meilleurs milieux pour chaque culture et d'analyser les caractéristiques des différentes régions étudiées dans notre travail.

1.2. Les images satellitaires :

Nous avons développé une méthodologie qui repose sur l'utilisation de la télédétection et des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) pour notre analyse. Dans cette optique, nous avons utilisé une série d'images satellitaires. Les données nécessaires pour mener à bien notre travail sont des images satellitaires capturées par les capteurs SENTINEL-2

1.2.1. Sentinel 2 :

La mission SENTINEL-2 est un projet européen qui vise à fournir une imagerie multi-spectrale à large bande et à haute résolution. La spécification complète de cette mission implique deux satellites identiques qui volent sur la même orbite, mais avec un déphasage de 180 degrés. Cela permet d'obtenir une fréquence élevée de revisite de 5 jours à l'équateur,

Le satellite SENTINEL-2 emporte une charge utile d'instruments optiques qui permettent d'échantillonner 13 bandes spectrales différentes. Parmi celles-ci, quatre bandes ont une résolution spatiale de 10 mètres, six bandes ont une résolution spatiale de 20 mètres, et trois bandes ont une résolution spatiale de 60 mètres. Cette combinaison de résolutions spatiales offre une capacité de

capture d'images détaillées et précises dans une large gamme de domaines d'application. L'orbite choisie pour cette mission garantit une largeur de fauchée Orbitale de 290 kilomètres, ce qui permet une couverture étendue de la surface terrestre à chaque passage du satellite. Cela permet de collecter des données cohérentes et représentatives sur de vastes zones géographiques, facilitant ainsi une analyse complète et précise de notre environnement (ESA 2015).

Tableau n° (18) : Exemple d'un capteur utilisé pour l'extraction des images satellitaires Sentinel-2 (**master web 2**) :

Sentinel-2 MSI: Multi Spectral Instrument, Level-2A					
Description	<p>Sentinel-2 est une mission d'imagerie multi spectrale à large bande et haute résolution qui soutient les études de surveillance des terres de Copernicus, notamment la surveillance de la végétation, du sol et de la couverture de l'eau, ainsi que l'observation des voies navigables intérieures et des zones côtières.</p> <p>Les données Sentinel-2 L2 sont téléchargées sur scihub. Elles ont été calculées en exécutantsen2cor. ATTENTION: L'ESA n'a pas produit de données L2 pour tous les actifs L1, et la Couverture L2 antérieure n'est pas globale.</p> <p>Les actifs contiennent 12 bandes spectrales UINT16 représentant SR mis à l'échelle par 10000 (contrairement aux données L1, il n'y a pas de B10). Il existe également plusieurs autres bandes spécifiques à L2. Voir le manuel de l'utilisateur de Sentinel-2 pour plus de détails. En outre, trois bandes QA sont présentes, dont l'une (QA60) est une bande à masque binaire contenant des informations sur le masque des nuages. Pour plus de détails. Les nuages peuvent être supprimés en utilisant COPENICUS/S2_CLOUD_PROBABILITY.</p>				
	Bandes	Nom	Echelle	Taille de Pixels	Longueur d'onde
B1		0.0001	60 mètres	443.9nm (S2A) / 442.3nm (S2B)	Aérosols
B2		0.0001	10 mètres	496.6nm (S2A) / 492.1nm (S2B)	Bleu
B3		0.0001	10 mètres	560nm (S2A) / 559nm (S2B)	Vert
B4		0.0001	10 mètres	664.5nm (S2A) / 665nm (S2B)	Rouge

	B5	0.0001	20 mètres	703.9nm (S2A) / 703.8nm (S2B)	Bord rouge 1
	B6	0.0001	20 mètres	740.2nm (S2A) / 739.1nm (S2B)	Bord rouge 2
	B7	0.0001	20 mètres	782.5nm (S2A) / 779.7nm (S2B)	Bord rouge 3
	B8	0.0001	10 mètres	835.1nm (S2A) / 833nm (S2B)	NIR
	B8A	0.0001	20 mètres	864.8nm (S2A) / 864nm (S2B)	Bord rouge 4
	B9	0.0001	60 mètres	945nm (S2A) / 943.2nm (S2B)	Vapeur d'eau
	B10	0.0001	20 mètres	1613.7nm (S2A) / 1610.4nm (S2B)	SWIR 1
	B11	0.0001	20 mètres	2202.4nm (S2A) / 2185.7nm (S2B)	SWIR 2

2. Traitement de données :

Pour le traitement des données, nous avons utilisé Google Earth Engine (GEE), une puissante plateforme développée par Google pour l'analyse géospatiale basée sur le Cloud. GEE offre un accès à une vaste collection de données géospatiales et fournit des outils avancés pour le traitement et l'analyse de ces données.

2.1. GEE : Google Earth Engine est une plateforme basée sur le cloud développé par Google qui offre un accès à une vaste archive d'images satellites et de données géospatiales. Elle propose une large gamme d'outils et de fonctionnalités pour analyser et visualiser ces données, permettant aux utilisateurs de mener des analyses géospatiales avancées à grande échelle.

Google Earth Engine combine des images satellites avec des ensembles de données géospatiales, tels que des données climatiques, des cartes de couverture terrestre et des informations topographiques. Elle fournit une interface de programmation et une infrastructure de traitement puissante qui permet aux utilisateurs d'effectuer des analyses complexes, d'appliquer des algorithmes et d'extraire des informations précieuses à partir des données.

La plateforme est largement utilisée dans divers domaines, notamment la surveillance de l'environnement, la cartographie de la couverture terrestre, l'analyse de la déforestation, l'urbanisme et la surveillance agricole. Elle offre une interface conviviale et prend en charge le travail collaboratif, ce qui la rend accessible aux chercheurs, scientifiques et développeurs du monde entier (N. Gorelick et al., 2017).

Google Earth Engine est une plateforme qui regroupe un catalogue de données publiques, une infrastructure de calcul, des API géospatiales et un serveur d'applications interactif. Cet outil se révèle extrêmement précieux pour les étudiants qui souhaitent approfondir leurs connaissances, grâce à l'accès aux archives de données publiques d'Earth Engine. Ces archives comprennent des images historiques et des ensembles de données scientifiques constamment mis à jour et enrichis quotidiennement dans trois domaines principaux :

- **Climat et météo** : Les étudiants ont accès à des données telles que la température de surface, le climat, les conditions atmosphériques et les prévisions météorologiques. Ils peuvent analyser et interpréter ces informations pour étudier les variations climatiques et comprendre les phénomènes météorologiques.
- **Imagerie** : Earth Engine met à disposition des images provenant de différentes sources, notamment les satellites Landsat, Sentinel, MODIS, ainsi que des images à haute résolution. Ces données permettent aux étudiants d'explorer et d'analyser des images terrestres, marines et atmosphériques, offrant ainsi des perspectives uniques sur notre planète.
- **Géophysique** : La plateforme Earth Engine propose également des données géophysiques, telles que des modèles topographiques du terrain, la couverture terrestre, les terres cultivées, ainsi que d'autres informations géophysiques. De plus, les étudiants peuvent accéder aux images nocturnes du système de balayage linéaire opérationnel du programme de satellite météorologique de la Défense (DMSP-OLS), ce qui leur permet d'étudier les lumières nocturnes et les activités humaines à l'échelle mondiale (**Master Web 3**).

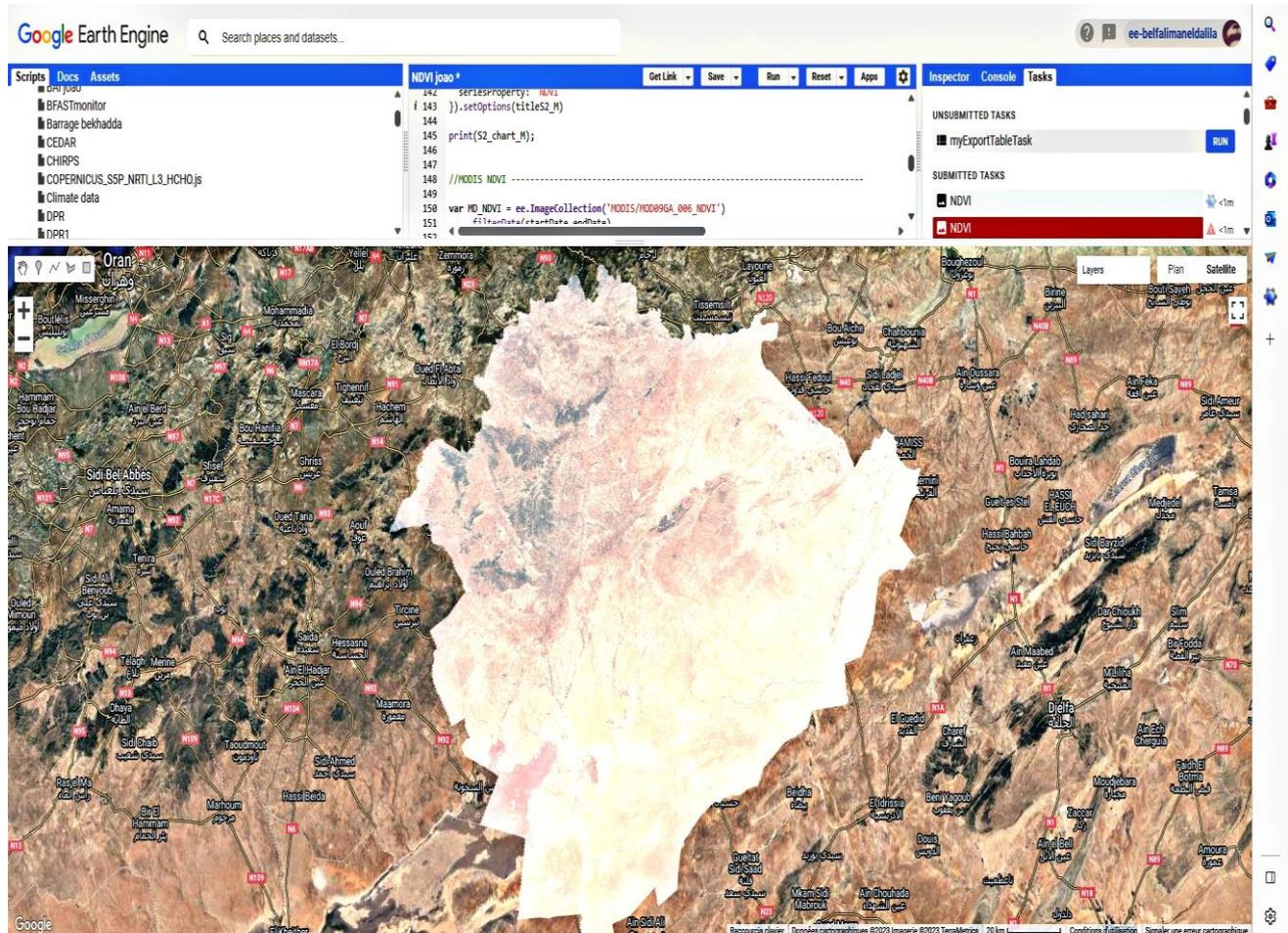


Fig n° (36) : Interface de la plateforme (GEE) (Master Web 3).

2.2. QGIS :

QGIS est un logiciel SIG open source. Il a été conçu en mai 2002. En juin 2002, il a lancé son propre projet sur Source Forge. Il est développé par l'Open Source Géospatiale Fondation (OSGeo) depuis 2007. QGIS est distribué sous licence GNU GPL (General Public License). Cela permet aux utilisateurs de le partager et de le modifier librement (modifier le code source), tout en garantissant l'accès à des programmes SIG bon marché et librement modifiables.

QGIS peut fonctionner sur une variété de systèmes d'exploitation, tels que les systèmes d'exploitation MacOS, Linux, Unix et Android. QGIS utilise la bibliothèque logicielle Qt (une bibliothèque pour créer des interfaces graphiques) et le langage C++, résultant en une interface graphique simple et réactive.

QGIS prend en charge un grand nombre de formats raster et vectoriels, avec la prise en charge de nouveaux formats facilitée par une architecture basée sur des plugins.

Aujourd'hui, QGIS est utilisé dans les projets SIG suivants :

- ✓ Visualisation des données sur les eaux usées et intégration de la base de données
- ✓ Accès supplémentaire et direct aux protocoles d'inspection et aux caméras ;
- ✓ Édition visuelle des systèmes d'urbanisme et de planification.
- ✓ Environnement, gestion hydrologique et gestion des eaux usées.
- ✓ Visualisation des données d'inventaire souterrain (assainissement, alimentation en eau potable, gaz naturel, électricité et le réseau de télécommunication le plus proche).
- ✓ Visualisation des données topographiques et cadastrales.
- ✓ Visualisation et édition de la liste des réserves naturelles municipales.
- ✓ Visualisation et édition des données de planification urbaine et régionale.
- ✓ Visualisation et édition des données d'infrastructure routière.
- ✓ Visualisation des données statistiques créées directement à partir des bases de données résidentes passées et présentes.
- ✓ Planification et visualisation des développements énergétiques (approvisionnement en gaz, chauffage des eaux usées, géothermie dans les sous-sols, chauffage urbain, etc.). D'autres projets similaires sont actuellement en cours de développement (**M. Addala 2020**).

2.2.1. Principales fonctions de QGIS :

QGIS peut exécuter un ensemble de fonctions listées comme suit:

- Visualisation des données : Affichage et superposition de couches de données raster et vectorielles dans différents formats et projections sans conversion vers un format commun.
- Navigation dans les données et création de cartes : Laissez-nous créer des cartes et explorez-les de manière interactive à l'aide d'une interface intuitive.
- Création, édition, gestion et exportation de données : Il nous permet de créer, éditer, gérer et exporter des couches vectorielles et raster dans différents formats.
- Analyse des données (**M. Addala 2020**).

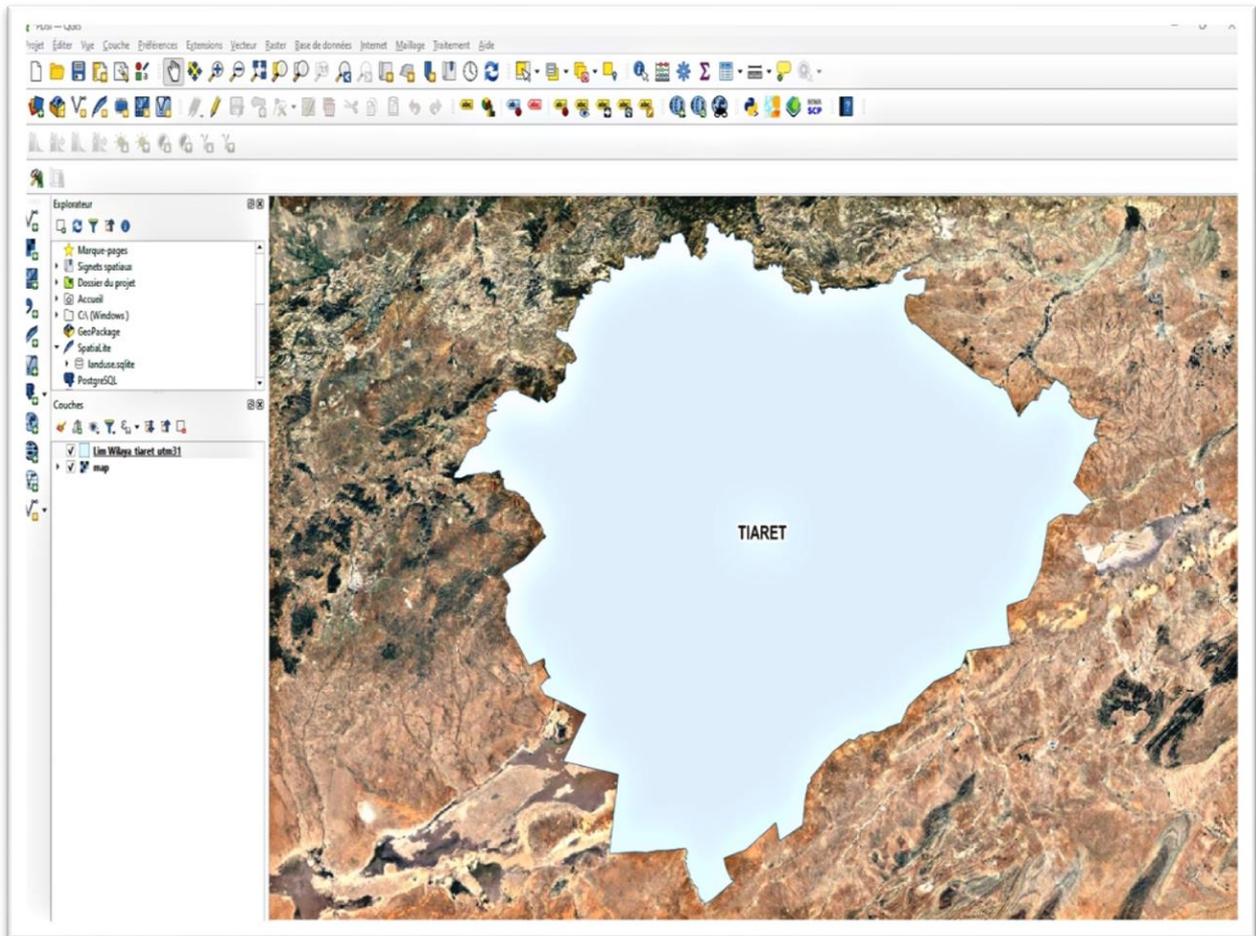


Fig. n° (37) : Interface De Logiciel de QGIS

2.2.2. Les formats supportés par QGIS :

Les contraintes techniques informatiques associées aux besoins des utilisateurs ont donné lieu à des formats de stockage des couches d'information spatiale spécifiques.

Le logiciel QGIS est capable de gérer deux formats de données :

- le format vectoriel
- le format raster

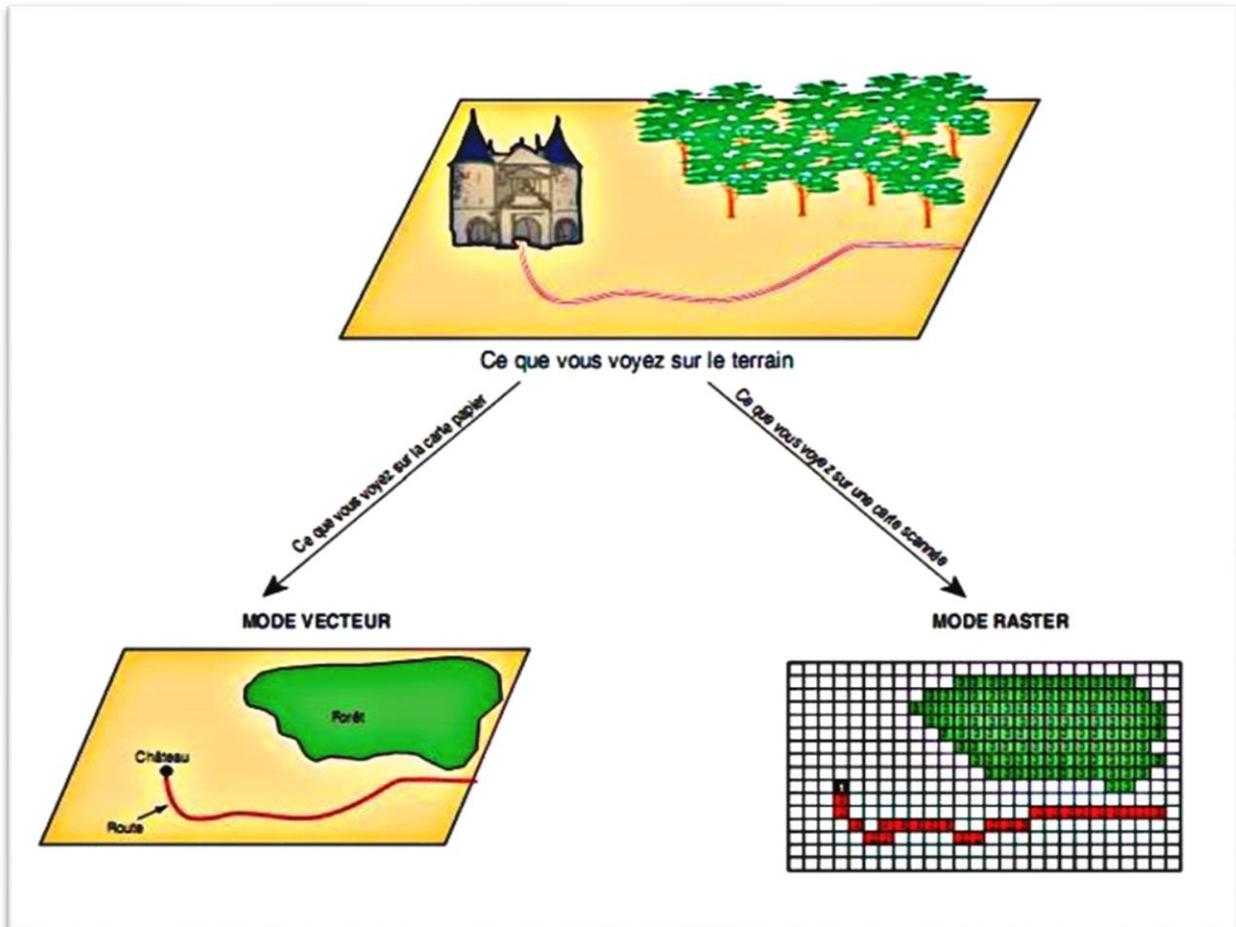


Fig. n° (38) : Modes de données dans QGIS (M. Addala 2020).

Une même information à caractère spatial peut être stockée indifféremment dans ces deux formats :

2.2.2.1. Format Vecteur :

Les données vectorielles représentent des entités sous forme de points, lignes et polygones sur un plan de coordonnées. Elles sont habituellement utilisées pour stocker des données discrètes. Les entités vectorielles sont accompagnées de leurs données attributaires descriptives de type alphanumériques, qui permettent de stocker des informations sous forme de texte ou numérique décrivant ces entités. La représentation vectorielle permet d'élaborer dans un SIG de multitudes couches thématiques d'une même entité géographique. Ces cartes thématiques ne peuvent se superposer que si elles sont géo référencées dans le même système de coordonnées (REZAK S 2018). Chaque couche représente un thème et est affichable en fonction des besoins, sélectionnable seule ou superposée à d'autres.

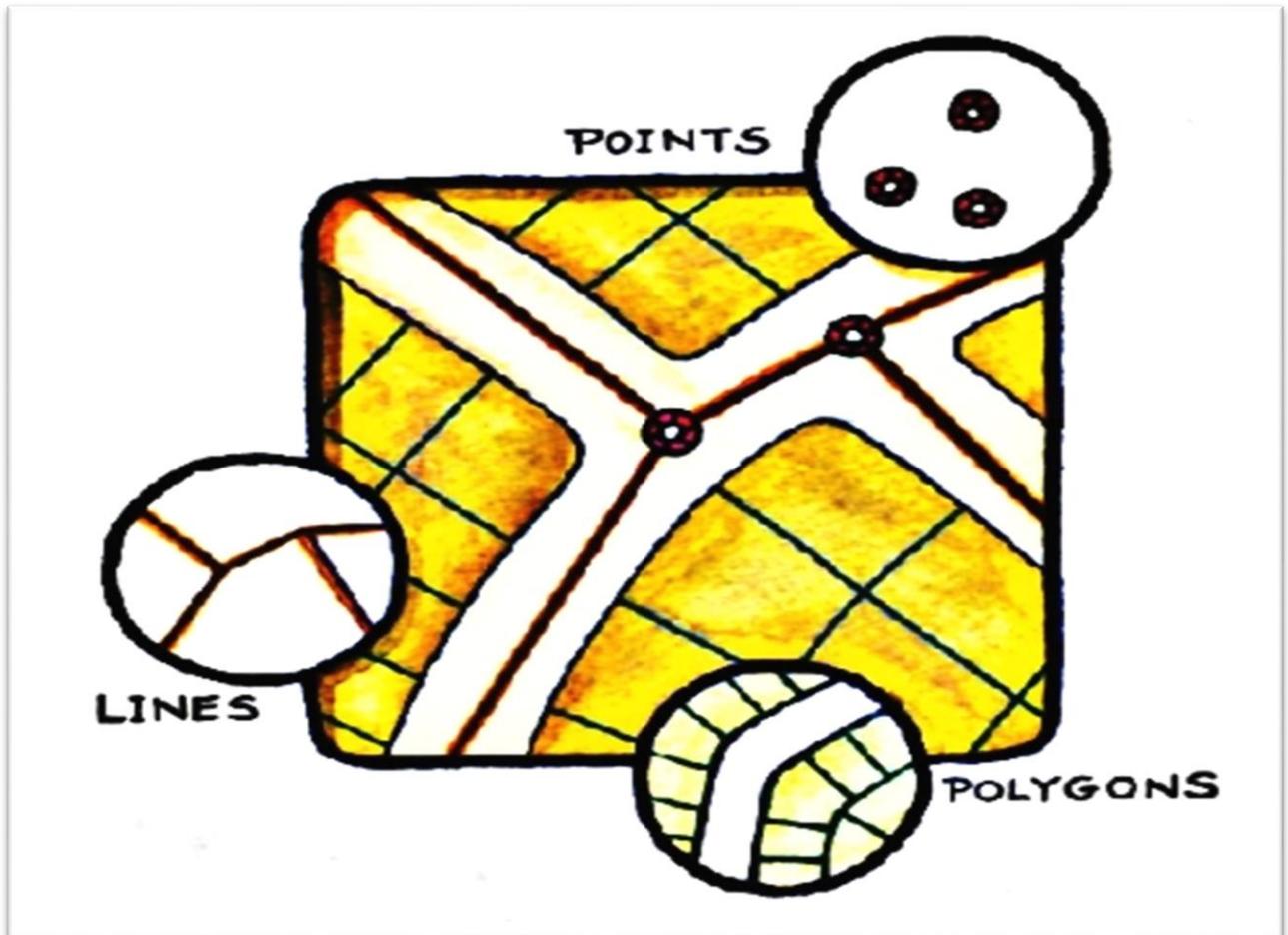


Fig. n° (39) : Format vectoriel : Points, lignes et polygones (M. Addala 2020)

A) Les avantages du mode vecteur sont :

- Une illustration graphique des éléments concrets de notre réalité.
- Une représentation visuelle simplifiée des éléments concrets et des structures linéaires présentes dans notre environnement réel.
- Une simplification graphique permettant de mettre en évidence les détails spécifiques de manière plus accessible et claire.
- Les informations sont condensées et présentées de manière concise, ce qui les rend aisément exploitables et utilisables.
- La précision géographique des données est préservée, assurant ainsi un niveau élevé de détails et d'exactitude concernant la localisation des objets représentés.
- ✓ La localisation, les dimensions et les distances sont rigoureusement calculées avec une grande précision, assurant une représentation fidèle et exacte de ces paramètres dans le schéma.

- Il nécessite moins d'espace de stockage sur le disque dur, ce qui permet d'économiser de la mémoire et d'optimiser l'utilisation de l'espace de stockage disponible.

B) Les inconvénients du mode vecteur sont :

- Les intersections entre les différentes couches d'informations sont délicates et requièrent une topologie précise et sans faille pour assurer une superposition parfaite des éléments graphiques.
- La représentation des données d'élévation du sol n'est pas aussi efficace dans un schéma que dans un format raster.
- L'utilisation des algorithmes de manipulation et d'analyse dans les schémas est complexe et nécessite une puissance de traitement élevée, ce qui peut entraîner des limitations inhérentes en termes de fonctionnalités, notamment pour les ensembles de données volumineux.
- ✓ L'analyse spatiale et l'utilisation de filtres polygonaux sont impossibles dans ce contexte, ce qui limite la capacité à effectuer des opérations et des filtrages basés sur la géométrie des objets représentés (M. Addala 2020).

-Exemples de données vectorielles :

- Les données ponctuelles sont représentées par des points : pylônes d'éclairage
- Les données linéaires sont représentées par des lignes : Vallées, rivières
- Les données surfaciques sont représentées par des polygones : parcelle agricole

2.2.2.2. Format raster :

Un raster est une structure de données composée d'une matrice de cellules ou de pixels, disposés en lignes et en colonnes selon une grille de dimensions uniformes. Chaque cellule contient une valeur qui représente des informations spécifiques.

-Les données raster typiques sont :

Les cartes scannées et les ortho photos aériennes ou satellitaires pour lesquelles chaque pixel de l'image correspond à une cellule de base de la matrice. -

Les modèles numériques de terrain (MNT) où la cellule de base correspond à la maille élémentaire portant l'altitude.

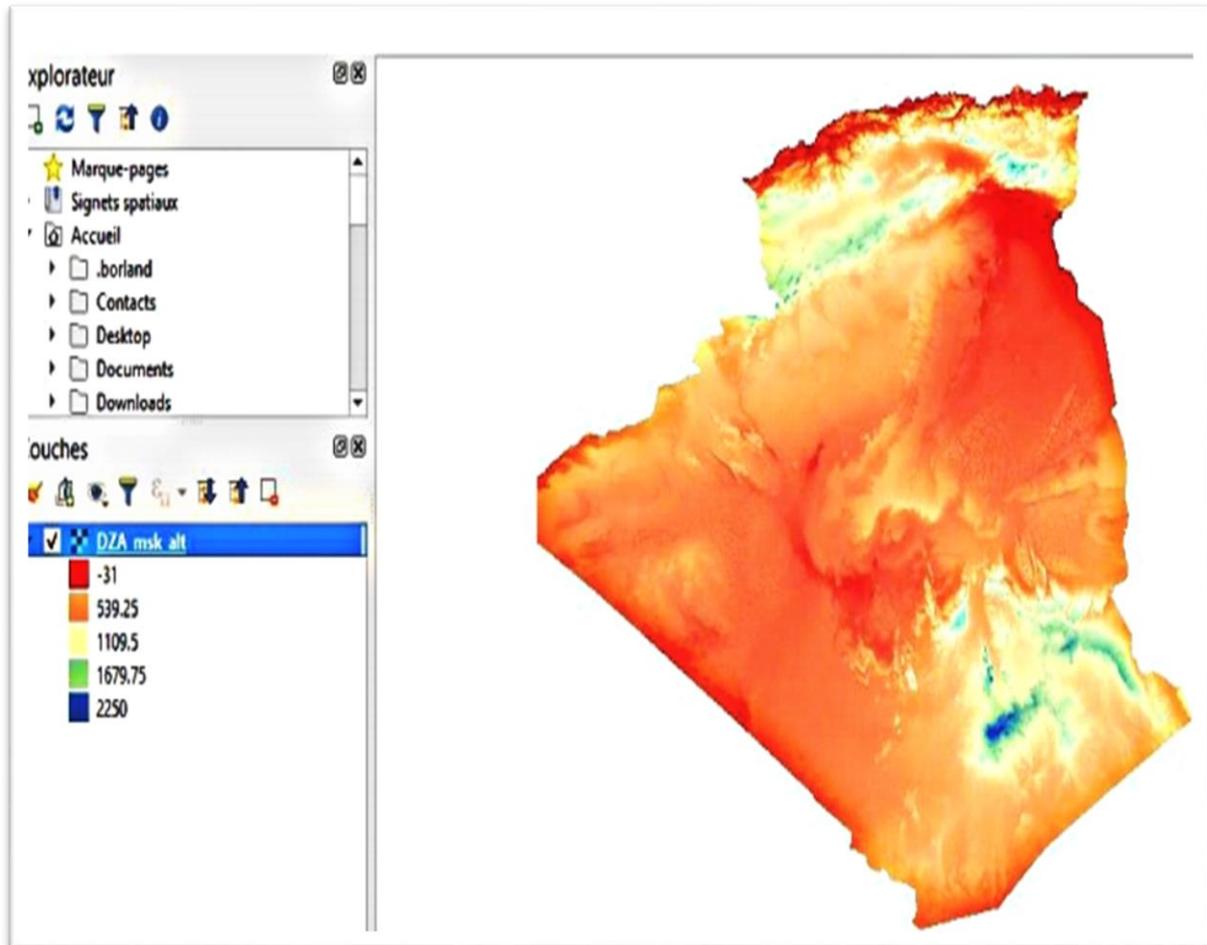


Fig. n° (40) : Exemple 2 d'un format raster MNT d'Algérie (M. Addala 2020).

A) Les avantages du mode raster :

- Améliorer la manière de représenter les caractéristiques détaillées en surface.
- La simplicité vient du fait que les données sont stockées sous forme de matrices, ce qui les rend faciles à manipuler et rapides à traiter.
- La nature intrinsèque des cartes raster se prête idéalement à la construction de modèles mathématiques et à l'analyse quantitative.
- Effectuer des croisements de données est simple, car toutes les données sont normalisées à la même unité de base, à savoir la cellule (ou le pixel dans le cas des images).
- Les données discrètes, comme celles relatives aux forêts, sont traitées avec la même efficacité que les données continues, telles que les données d'élévation du sol. Cela facilite l'intégration de ces deux types de données.

B) Les inconvénients du mode raster :

- La capacité mémoire nécessaire pour stocker les données revêt une importance cruciale.
- La représentation des détails linéaires présente des lacunes en termes d'adaptation.

- La capacité mémoire nécessaire pour stocker les données revêt une importance cruciale.
- Il est nécessaire de parcourir l'intégralité de la surface pour extraire un détail.
- Le traitement des associations de données d'attribut peut devenir complexe lorsque le nombre de données existantes est élevé (M. Addala 2020).

3. Classification des images :

Les procédures de classification se catégorisent selon la situation dans laquelle l'opérateur est placé et selon l'objectif suivi. Deux catégories de démarches sont identifiées : la classification non supervisée et la classification supervisée.

La classification est un processus qui consiste à regrouper des pixels similaires en une même classe, en se basant sur leurs propriétés similaires, tout en respectant leur position spatiale. Pour déterminer l'appartenance d'un pixel à une classe spécifique, on utilise un modèle décisionnel. Ainsi, à partir d'un espace multidimensionnel représentatif de l'image, une nouvelle représentation de l'information télédéetectée, appelée "carte thématique", est obtenue. Cette carte thématique est ensuite évaluée par rapport à la réalité sur le terrain. Les approches de classification peuvent être supervisées ou non supervisées (Abbassi 2009).

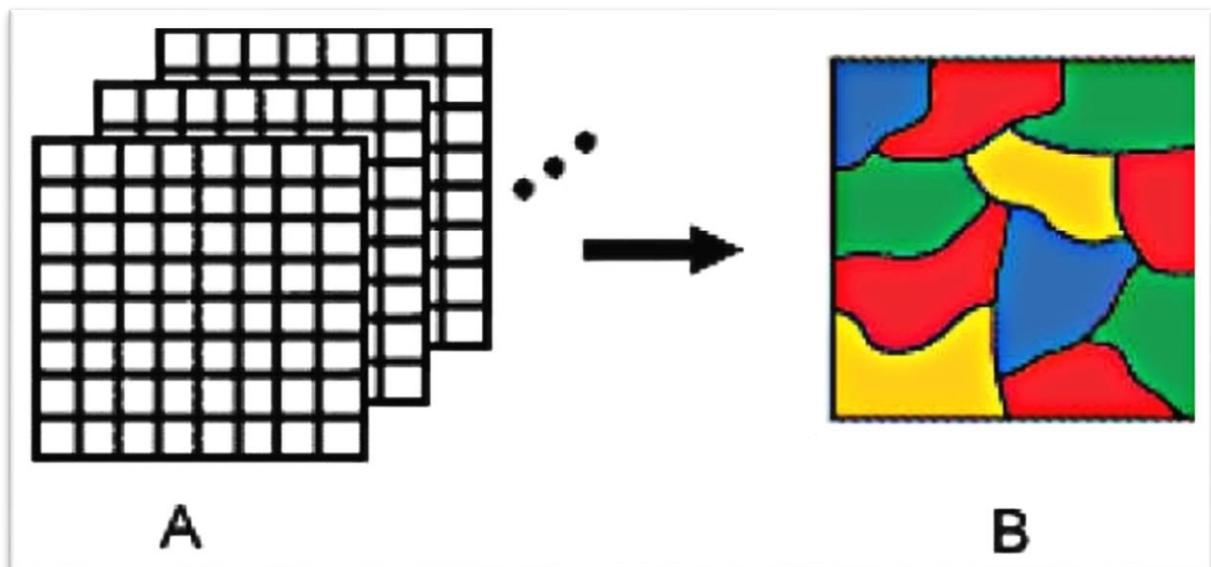


Fig. n° (41) : Principe de classification (A. HABBA et O. Ishak 2019).

3.1. Classification supervisée :

Lorsqu'une méthode de classification supervisée est utilisée, l'analyste identifie des échantillons homogènes de l'image qui représentent différents types de surfaces ou classes d'information. Ces échantillons constituent un ensemble de données de test. La sélection de ces données de test est

basée sur les connaissances et la familiarité de l'analyste avec les régions géographiques et les types de surfaces présents dans l'image. L'analyste supervise ainsi la classification d'un ensemble spécifique de classes. Les données numériques pour chaque bande et chaque pixel de ces ensembles sont utilisées par l'ordinateur pour définir les classes et reconnaître ensuite des régions présentant des propriétés similaires à chaque classe. Pour ce faire, l'ordinateur utilise un programme spécial ou un algorithme qui détermine la "signature" numérique de chaque classe. Il existe plusieurs algorithmes possibles pour cela. Une fois que l'ordinateur a établi la signature spectrale de chaque classe, il associe chaque région de l'image à la classe avec laquelle elle présente le plus d'affinités. Ainsi, la classification supervisée débute par l'identification des classes d'information, qui servent ensuite à définir les classes spectrales qui les représentent (CCT 2015).

3.2. Classification non supervisée :

La classification non supervisée fonctionne de manière inverse. Elle commence par former des classes spectrales en se basant uniquement sur l'information numérique des données. Ensuite, un analyste associe ces classes à des classes d'informations utiles, si possible. Des algorithmes de classification, également appelés programmes de classification, sont utilisés pour déterminer les structures statistiques naturelles ou les groupes de données. Généralement, l'analyste spécifie le nombre de groupes ou de classes qui seront formés à partir des données. De plus, l'analyste peut également spécifier certains paramètres liés à la distance entre les classes et la variance à l'intérieur d'une classe. Le résultat final de ce processus de classification itératif peut créer des classes que l'analyste souhaitera peut-être combiner ou des classes qui devraient être séparées à nouveau. Chacune de ces étapes nécessite l'application ultérieure de l'algorithme. Par conséquent, l'intervention humaine n'est pas complètement exclue dans la classification non supervisée. Cependant, cette méthode ne commence pas avec un ensemble prédéterminé de classes comme c'est le cas pour la classification supervisée (CCT 2015).

Dans notre étude, nous avons employé la méthode de classification supervisée SVM (support vector machine).

3.3. SVM (Support Vector Machine) :

L'algorithme des machines à vecteurs de support a été développé dans les années 90 par Vapnik. Il a initialement été développé comme un algorithme de classification binaire supervisée. Il s'avère particulièrement efficace par le fait qu'il peut traiter des problèmes mettant en jeu de grands nombres de descripteurs, qu'il assure une solution unique (pas de problèmes de minimum local

comme pour les réseaux de neurones) et il a fourni de bons résultats sur des problèmes réels (**P. Mahé 2003**).

Cet algorithme est une généralisation des classifieurs linéaires. Il cherche à trouver la frontière de séparation entre classes qui maximise la distance entre la frontière et les exemples, d'où son nom. Il se base sur la transformation de l'espace des données afin de rendre les classes linéairement séparables, sans connaissance a priori de la transformation à appliquer, au moyen de fonctions « noyau » (**M. Bayoudh 2013**).

3.4. La validation et l'amélioration de la classification :

La validation et l'amélioration de la classification consistent à évaluer et à améliorer la précision d'un système de classification. Dans ce processus, plusieurs mesures sont utilisées pour évaluer les performances du modèle.

3.4.1. La matrice de confusion :

La matrice de confusion est un outil utilisé pour évaluer la pertinence et la qualité de la classification. Elle répertorie les prédictions du modèle par classe, comparées aux véritables étiquettes de classe. La matrice de confusion permet d'identifier les erreurs de classification, telles que les faux positifs (pixels incorrectement classés comme appartenant à une classe) et les faux négatifs (pixels correctement classés comme n'appartenant pas à une classe). En analysant cette matrice, on peut évaluer la performance globale du modèle et identifier les erreurs spécifiques à améliorer (**A. Masse 2013**).

3.4.2. L'indice de Kappa (k) :

Dans ce travail, l'indice de kappa sera utilisé comme une méthode pour évaluer la précision de nos classifications.

L'accord entre les jugements fait référence à la concordance entre deux ou plusieurs informations qui se rapportent au même objet. Cela suppose qu'il y a une relation entre les variables et nécessite que les variables soient de la même nature et que les jugements soient appariés (**B. Branger 2009**). Selon Cohen (1960), le coefficient kappa (k) représente la proportion des désaccords attendus par hasard qui ne se produisent pas, ou plus précisément, c'est la proportion d'accord une fois que l'accord aléatoire est éliminé de la considération :

$$K = P0 - Pc / 1 - Pc$$

4. Calcul des Indices :

4.1. NDVI (Indice de Végétation par différence normalisée :

Parmi tous les indices de végétation proposés depuis les origines de la télédétection spatiale l'indice de végétation normalisé (**Rouseet et al., 1974**) est devenu l'outil standard de description du comportement spectral de la couverture végétale. Cet indice, le plus souvent appelé NDVI selon son abréviation anglaise, est calculé à partir de deux bandes spectrales, le rouge R et l'infrarouge IR selon la formule suivante : (**S. Djouane et A. Haggui 2015**).

$$\text{NDVI} = (\text{IR} - \text{R}) / (\text{IR} + \text{R})$$

Où :

IR correspond à la valeur de réflectance dans le proche infrarouge du pixel et R correspond à la valeur de réflectance dans le rouge du pixel. La valeur du pixel rouge peut être obtenue à partir de la bande rouge de l'image de réflectance visible.

Il varie entre 0 pour surface désertique et 1 pour les forêts denses. Son utilité pour décrire le couvert végétal se base sur le fait que d'une part ce dernier absorbe préférentiellement (mais pas uniquement) l'énergie lumineuse dans les longueurs d'onde du rouge pour la photosynthèse, et réfléchit par contre fortement cette énergie dans le proche infrarouge, en fonction de la structure intercellulaire du matériel végétal photo-synthétisant (**Gausman 1985**) in (**I. Berghida et A. Mechtri 2017**).

La végétation saine absorbe la plupart de la lumière visible, mais la réflectance de l'infrarouge tend à augmenter de façon spectaculaire cela conduira à une valeur NDVI proche de 1. Une végétation malsaine reflète la majorité du spectre de la lumière visible, mais la réflexion de l'infrarouge proche diminuera donc on obtiendra des valeurs NDVI proches de 0 (**CH. Brahim et M. Dali Yahia 2021**).

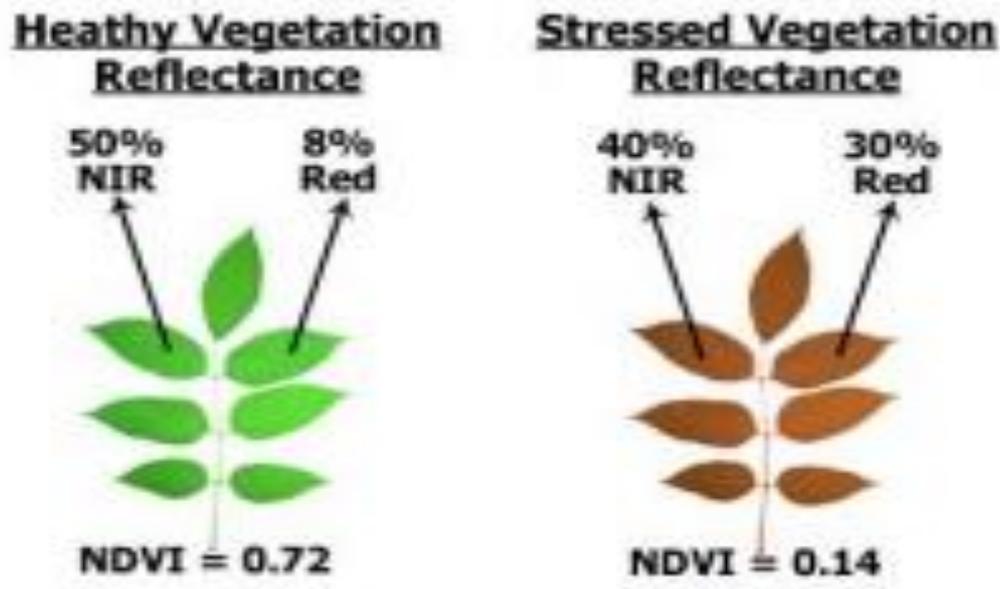


Fig. n° (42) : indice de végétation NDVI (CH. Brahim et M. Dali Yahia 2021).

4.2. VCI (indice d'état de la végétation) :

L'indice de l'état de la végétation (VCI) évalue la santé actuelle de la végétation par rapport aux tendances historiques. Le VCI relie l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) de la décade actuelle à ses minimum et maximum à long terme, normalisés par la plage historique des valeurs de NDVI pour la même décade. Le VCI a été conçu pour séparer la composante météorologique du NDVI de l'élément écologique (FAO 2014).

Le VCI a pour objectif de distinguer les effets à court terme liés au climat des effets à long terme liés à l'écologie. En d'autres termes, il cherche à séparer les variations temporaires dues aux conditions météorologiques des variations durables causées par des facteurs écologiques. Par conséquent, le VCI ne reflète pas les différences de végétation entre les différents écosystèmes, mais plutôt la répartition climatique. Il permet également de comparer l'impact du climat sur des zones d'étude différentes, ce qui constitue une amélioration dans l'analyse de l'état de la végétation pour des zones non homogènes.

Le VCI a été utilisé sur plusieurs continents pour détecter les situations de sécheresse à grande échelle, ainsi que les conditions d'humidité excessive. En fournissant une mesure objective de la santé de la végétation, il contribue à évaluer les impacts du climat sur les écosystèmes et à surveiller les variations de la végétation dans le temps (S. Djouane et A. Haggui 2015).

Il est calculé par la formule suivante :

$$\text{VCI (i)} = (\text{NDVI (i)} - \text{NDVI min}) / (\text{NDVI max} - \text{NDVI min})$$

Tableau n° (19) : les classifications de VCI : (Bhuyan et kogan 2010).

Les Valeurs de VCI	Classification
0 - 20	sécheresse extrême
20 - 40	Sécheresse sevère
40 - 60	sécheresse modérée
60 - 80	sécheresse légère
> 80	pas de sécheresse

4.3. VHI (indice de santé de la végétation) :

L'indice de santé de la végétation (VHI) illustre la sévérité de la sécheresse en se basant sur la santé de la végétation et l'influence de la température sur les conditions des plantes. Le VHI est un indice composite et l'indicateur élémentaire utilisé pour calculer les indicateurs saisonniers de sécheresse dans ASIS : l'indice de stress agricole (ASI), l'intensité de la sécheresse et l'indice moyen de santé de la végétation (Mean VHI).

Le VHI combine à la fois l'indice d'état de la végétation (VCI) et l'indice de condition de la température (TCI). Le TCI est calculé à l'aide d'une équation similaire au VCI, mais il relie la température actuelle aux températures maximales et minimales à long terme, car il est supposé que des températures plus élevées aient tendance à causer une détérioration des conditions de la végétation. Une diminution du VHI indiquerait par exemple des conditions de végétation relativement médiocres et des températures plus chaudes, ce qui signifie des conditions de végétation stressées, et sur une plus longue période, cela indiquerait une sécheresse (FAO 2014).

Le TCI et le VCI, lorsqu'ils sont utilisés ensemble, offrent une précieuse source d'informations sur le stress causé à la végétation par la sécheresse. En outre, ces indices se révèlent être des outils efficaces pour surveiller en quasi-temps réel les conditions de la végétation et évaluer l'impact climatique sur celle-ci. En combinaison avec les données terrain, ces indices apparaissent comme d'excellents outils pour la surveillance des conditions de sécheresse, notamment en agriculture (S. Djouane et A. Haggui 2015).

Le VHI est définie par la formule :

$$\text{VHI} = \alpha * \text{VCI} + (1 - \alpha) * \text{TCI}$$

Où :

α est la contribution relative de VCI et TCI dans le VHI. D'après la plupart des publications, $\alpha = 0.5$, en supposant une même contribution des deux indices et aussi en raison d'absence d'informations plus précises.

Le VHI est utilisé pour différentes applications telles que la détection de la sécheresse, la durée de la sécheresse, le rendement des cultures et la production au cours de la période de végétation (**S. Djouane et A. Haggui 2015**).

Tableau n° (20) : les classifications de VHI (S. Djouane et A. Haggui 2015).

Classification de VHI		
sécheresse extreme	0	- 10
Sécheresse severe	10	- 20
Sécheresse modérée	20	- 30
Légère sécheresse	30	- 40
pas de sécheresse	> 40	

4.4. PDSI (Indice de sécheresse de Palmer) :

Dans les années 1960, Palmer a développé le PDSI (Indice de Sécheresse de Palmer) comme l'une des premières méthodes pour détecter les sécheresses en utilisant des données au-delà des précipitations. Son objectif était d'intégrer les données sur les températures et les précipitations avec des informations sur le bilan hydrique dans les régions agricoles des États-Unis. Pendant de nombreuses années, le PDSI a été l'indice de sécheresse le plus largement utilisé et il est toujours couramment employé dans le monde (**Programme de gestion intégrée des sécheresses 2016**).

Le calcul du PDSI se base sur des données mensuelles de températures et de précipitations, ainsi que des informations sur la capacité de rétention d'eau du sol. Il tient compte à la fois de l'humidité reçue par les précipitations et de l'humidité stockée dans le sol, en prenant en considération la perte

d'humidité potentielle due aux variations de température. Les paramètres requis pour calculer le PDSI sont les données mensuelles de températures et de précipitations. Les informations sur la capacité de rétention d'eau du sol peuvent être utilisées, mais des valeurs par défaut sont également disponibles. Il est important d'avoir un enregistrement complet en série de la température et des précipitations (W. Mellouk et M. Ghali 2019).

Tableau n° (21) : Classification d’PDSI (B. Oualhi et I. Djaidja 2020).

Classification de PDSI	
4.0 ou plus	Extrêmement humide
3.0 à 3.99	Tares humide
2.0 à 2.99	Modérément humide
1.0 à 1.99	Légèrement humide
0.5 à 0.99	Début de période humide
0.49 à -0.49	Presque normal
-0.5 à -0.99	Sécheresse naissante
-1.0 à -1.99	Légère sécheresse
-2.0 à -2.99	Modérément sécheresse
-3.0 à -3.99	Sévère sécheresse
-4.0 ou moins	Extrême sécheresse

5. Les exigences des cultures :

5.1. Le Blé dur :

Le blé dur est appelé ainsi en raison de la dureté de son grain. Il est issu du croisement naturel entre deux espèces sauvages *Aegilops speltoides* et *Triticum boeoticum*. C’est une espèce tétraploïde à 28 chromosomes. Le blé dur est la céréale la plus cultivée en Algérie, son grain transformé en semoule est utilisé dans l'alimentation humaine avec une consommation moyenne de 105 kg par habitant et par an (ITGC 2019).

5.1.1. Les exigences climatiques :**A) La température :**

Pour une bonne germination, le blé dur a besoin d'un minimum de température de 3 à 5 °C. Sa température optimale de développement se situe entre 16 et 25 °C. En zone des Hauts-Plateaux, les basses températures qui coïncident avec le stade floraison (gelées printanières) sont à craindre, car elles provoquent la coulure des fleurs et affectent le rendement de la culture.

Les hautes températures sèches (vents chauds), coïncidant avec le stade remplissage des grains, provoquent l'échaudage, affectant ainsi le rendement et la qualité du grain (ITGC 2019).

C. La pluviométrie :

La culture du blé dur convient dans les zones à pluviométrie comprise entre 400 et 600 mm. Les besoins en eau du blé dur sont plus importants entre les stades de développement-montaison et remplissage des grains (ITGC 2019).

5.1.2. Les exigences pédologiques :

Les sols, les plus favorables à la culture du blé dur sont les sols :

- Limono-argileux.
- Profonds (plus de 40 cm de profondeur).
- Riches en matière organique et minérale.
- À pH neutre à légèrement alcalin.
- Bien drainés.
- Ayant une bonne capacité rétention (ITGC 2019).

5.1.3. Variétés du blé dur :

Les principales variétés du blé tendre et dur sélectionnées par Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC 2019) sont les suivants :

Tableau n° (22) : Les différents variétés du blé dur (ITGC 2019).

Variétés	Caractéristiques
Citron (Hoggar)	Tolérante au froid, à la verse et à l'helminthosporiose. Très bonne valeur semoulière, indice de jaune faible, teneur en protéines suffisante, qualité pastière moyenne, mais les pâtes ne supportent pas la surcuisson.
Waha "s"	Tolérante au froid, à la rouille et à la septoriose. Sensible à la sécheresse, aux gelées et au piétin- verse. Bonne valeur semoulière, indice de jaune variable, teneur en protéines suffisante. Qualité pastière médiocre, les pâtes ne supportent pas la surcuisson (pâtes très collantes, de mauvaise qualité mais d'un bel aspect).
Chen "s"	Tolérante à la sécheresse, à la verse et à la rouille, bonne productivité. Bonne valeur semoulière indice de jaune variable, indice de brun un peu élevé. Teneur élevée en protéines, tenue à la cuisson acceptable des pâtes, supporte peu la surcuisson.
Mohamed Ben Bachir	Tolérante à la sécheresse et au mitadinage, sensible à la verse, à la septoriose, à la fusariose et au cephe des chaumes. Très bonne valeur semoulière, indice de jaune faible, indice de brun un peu élevé, teneur en protéines élevée, bonne qualité des protéines, bonne qualité pastière et Couscoussière
Hedba 3	Tolérante au froid et à la sécheresse, sensible aux rouilles, septoriose et oidium. Bonne valeur semoulière, indice de jaune faible, teneur en protéines élevée, qualité pastière médiocre.
Gta dur	Tolérante à la verse, à la rouille brune et à l'oidium, Productivité moyenne a bonne.
INRAT 69 (Sebaou)	Peu sensible à la verse, tolérante aux maladies et résistante au mitadinage et à la moucheture. Valeur semoulière satisfaisante, teneur élevée en protéines, qualité couscoussière et pastière médiocres.
Simeto (Sersou)	Sensible à la sécheresse et tolérante à la verse. Bonne valeur semoulière, faible indice de jaune, indice de brun un peu élevé. Teneur satisfaisante en protéines de très bonne qualité.

Ofanto (Ouarsenis)	Tolérante à la sécheresse et à la verse. Bonne valeur semoulière et teneur en protéines satisfaisante
Boussalem	Résistante au froid, à la verse et à la sécheresse. Résistante aux maladies (aux rouilles jaune, brune et noire), au piétin échaudage, à l'oidium et à la fusariose. Bonne productivité, bonne qualité semoulière (blé correcteur) et résistante au mitadinage

5.2. Le blé tendre :

Céréale d'hiver, est l'espèce la plus importante des blés cultivés dans le monde. En Algérie, le blé tendre est cultivé annuellement sur des superficies importantes.

Les grains de blé tendre sont destinés à la meunerie, pour la production de la farine panifiable, utilisée dans la boulangerie (ITGC 2019).

5.2.1. Les exigences climatiques :

A) La température :

Le blé tendre est une espèce des climats tempérés qui s'adapte aux hautes altitudes. La température optimale de germination se situe entre 12 et 20 °C. Le zéro de végétation est compris entre 3 et 4 °C. Il est sensible aux basses températures, notamment les gelées printanières qui provoquent la coulure des fleurs. Les hautes températures (vents chauds), qui coïncident avec le remplissage du grain, provoquent l'échaudage, ce qui réduit le rendement et affecte la qualité de la récolte (ITGC 2019).

B. La pluviométrie :

L'eau peut constituer un facteur limitant de la croissance du blé, dès la germination. Sa culture convient au niveau des zones dont la pluviométrie est comprise entre 400 et 600 mm. Les besoins en eau de la culture augmentent à partir du stade montaison (ITGC 2019).

5.2.2. Les exigences pédologiques :

Les sols les plus favorables à la culture de blé tendre sont les sols.

- Limono-argileux, limono-argilo-siliceux ou argilo-calcaire.
- Profonds (plus de 30 cm de profondeur).

- Suffisamment riches en matières organique et minérale, meubles en surface, de bonne structure et drainants pour éviter tout
- Développement des maladies.
- Capables de maintenir une réserve en eau suffisante pour assurer une bonne alimentation, au moment de l'accumulation des réserves dans le grain (ITGC 2019).

5.2.3. Variétés du blé tendre :

Les principales variétés du blé tendre et dur sélectionnées par Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC 2019) sont les suivants :

Tableau n° (23) : Les différents variétés du blé tendre (ITGC 2019).

Variétés	Caractéristiques
Arz	Paille moyenne, cycle végétatif précoce, tallage fort, assez sensible à la rouille brune, jaune et carie, tolérante à la rouille noire fusariose et septoriose. PMG moyen, blé correcteur, bonne productivité, adaptée au littoral plaines intérieures, résistante à la verse, à semer de mi-novembre à mi-décembre.
HD 1220 (Hiddab)	Paille moyenne, cycle végétatif précoce, tallage moyen à fort, modérément tolérante aux rouilles, PMG moyen, blé correcteur, bonne (blé tendre) productivité, adaptée au littoral, plaines intérieures, Hauts-Plateaux et zone saharienne, modérément résistante à la verse, à semer de mi-novembre à mi-décembre.
Anza	Paille courte, cycle végétatif précoce, tallage très fort, tolérante aux rouilles brune et jaune, fusariose et septoriose, modérément tolérante à la rouille noire et oïdium, sensible à la carie, PMG moyen, blé panifiable. Très bonne productivité, adaptée au littoral, Hauts-Plateaux, résistante à la verse et à la sécheresse, à semer de mi-novembre à mi-décembre.
Ziad	Paille courte, cycle végétatif précoce, tallage moyen, moyennement résistante à la septoriose, PMG moyen, blé correcteur, bonne productivité, adaptée au littoral et sub-littoral, résistante au froid, gelée et verse, à semer de mi-novembre à mi-décembre.
Zidane	Paille courte, cycle végétatif précoce, tallage moyen, bonne tolérance aux maladies foliaires, PMG élevé, blé impanifiable, bonne productivité, adaptée

	aux plaines intérieures, résistante à la verse, à semer de mi-novembre à mi-décembre.
AS 81 189 A (Ain-Abid)	Paille moyenne, cycle végétatif semi-précoce, tallage fort, résistante à la rouille noire et jaune, PMG élevé blé panifiable, très bonne productivité, adaptée aux hautes plaines et Hauts-Plateaux, tolérante au froid, gelée et sécheresse résistante à la verse physiologique et égrenage, ne pas semer trop tard.

5.3. L'orge :

L'orge est une plante à paille annuelle monocotylédone Moins couramment utilisé dans l'alimentation animale et l'alimentation humaine. *Hordeum vulgare*, graminées. Le cycle végétatif est court, environ 130 à 150 jours (**D. Soltner 2005**).

Le genre *Hordeum* comprend 34 espèces, généralement diploïdes avec $2n=14$ chromosomes, mais il existe aussi des espèces sauvages tétraploïdes ou hexaploïdes (**C. Doré 2006**).

Deux types d'orge sont populaires l'orge à deux rangs et l'orge à six rangs, respectivement *Hordeum disticum* et *Hordeum hexastichum*. Les variétés à six rangs sont les plus cultivées en Algérie, car elles ont une valeur énergétique plus élevée que les variétés à deux rangs (**ITGC 2019**).

5.3.1. Les exigences climatiques :

A. La température :

Etant une culture à cycle court, l'orge dispose d'une très bonne capacité d'adaptation. Dans les conditions climatiques algériennes, elle supporte les fluctuations des températures des Hauts-Plateaux, mais elle craint les gelées de printemps et l'humidité trop prolongée. La température la plus favorable à sa germination se situe entre 16 et 20 °C, c'est une espèce qui germe et croît rapidement (**ITGC 2019**).

B. La pluviométrie :

L'orge résiste mieux à la sécheresse que les blés. Pour donner un rendement économique, l'orge doit être cultivée dans des zones à au moins 350 mm de pluviométrie. Cette espèce a besoin d'eau au début de son développement, mais supporte très bien la sécheresse par la suite (**ITGC 2019**).

5.3.2. Exigences pédologiques :

L'orge s'accommode à tous les types de sol. À l'exception des sols argileux, des sols compacts, des sols humides et des sols trop acides. L'orge tolère les sols légèrement salins.

5.3.3. Variétés d'orge :

Quelques variétés d'orge, sélectionnées par l'ITGC, sont cultivées en Algérie.

Tableau n° (24) : Les différents variétés d'orge (ITGC 2019).

Variétés	Caractéristique
Jaidor (Dahabia)	à paille courte, précoce, fort tallage, bonne productivité, tolérante aux maladies et à la verse, sensible au gel et à l'égrenage.
Rihane 03	À paille courte, précoce, fort tallage, bonne productivité, à double exploitation.
ACSAD 68 (Ramada)	Précoce, à fort tallage et bonne productivité. Elle est tolérante aux rouilles et à la verse, adaptée aux zones des plaines intérieures.
Barberousse (Hamra)	À paille moyenne, précoce, tallage moyen, bonne productivité, tolérante à la verse, à la sécheresse et au froid.
ACSAD 60	À paille courte et creuse, précoce, fort tallage, bonne productivité, sensible à la jaunisse nanisante et résistante à la verse.
ACSAD 176 (Nailia)	Variété précoce, résistante à la verse et tolérante à la sécheresse. Elle est sensible aux maladies (rouille brune, oidium, helminthosporiose, rhynchosporiose).
Saida 183	Variété locale, semi-tardive, à paille moyenne et creuse, tallage moyen, bonne productivité, sensible aux maladies.
Tichedrett	Variété locale, à paille moyenne, précoce, tallage moyen, bonne productivité et rustique.

El Fouara	À paille courte ou moyenne, fort tallage, bonne productivité, tolérante au froid, à la sécheresse et à la verse. Elle est adaptée aux Hauts-Plateaux
-----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5.4. Le Tournesol :

Le tournesol est une plante annuelle de la famille des composées et originaire du Pérou. La plante est à port dressé, à tige unique ou peu ramifiée, d'une hauteur variant de 1 à 1,20 m, les fleurs jaunes sont groupées en capitules à l'extrémité de la tige. Les graines portées par les capitules sont ovales, aplaties, de couleur noire ou grise.

Le tournesol est surtout cultivé pour ses graines oléagineuses dont le taux d'huile varie de 25 à 40% selon les variétés (ITGC 2022).

5.4.1. Les exigences climatiques

A. La température :

La température idéale pour la germination varie entre 6 et 10 °C,

La somme des températures exigée pour le tournesol jusqu'à maturité est de 20°C pour les variétés précoces et de 30°C pour les variétés tardives (ITGC 2022).

B. Les besoins en eau :

Le tournesol résiste bien à la sécheresse, à condition d'éviter le stress hydrique au moment de la floraison (stade critique). Il faut éviter les excès d'eau avant floraison, car ils favorisent le développement végétatif au détriment de la production du grain.

Les besoins en eaux :

- 160-180 mm au stade début floraison
- 70 mm au stade fin floraison
- 200-230 mm pendant le remplissage des grains (ITGC 2022)

5.4.2. Les exigences pédologiques :

Le tournesol est réputé pour être une plante exigeante des terres profondes et riches en matières organiques

Il s'accommode aux sols profonds argilo sableux et aux terres d'alluvions. Il préfère les sols neutres ou légèrement alcalins : 6,5 à 8. Les sols mal drainés, trop légers, calcaires et peu profonds sont à éviter (ITGC 2022).

5.5. La pomme de terre :

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) appartient à la famille des Solanacées, qui comprend 1000 espèces, dont plus de 200 sont des tubercules, dont plusieurs espèces (**Quezel et Santa 1962**). C'est l'une des principales ressources alimentaires mondiales et on le rencontre fréquemment dans les régions arides, où il approvisionne les marchés agricoles. Il occupe une place très importante dans notre alimentation et est largement distribué dans le monde.

5.5.1. Les exigences climatiques :

A. La température :

Les pommes de terre se caractérisent par des températures zéro végétation comprises entre 6 et 8°C. Les températures élevées stimulent la croissance des tiges, tandis que les basses températures favorisent la croissance des tubercules (**Rousselle et al., 1996**).

La température optimale de croissance se situe entre 14 et 17°C, les feuilles sont détruites à 3-4°C et les tubercules gèlent à 1-2°C. Les températures de stockage des récoltes doivent être inférieures à 6°C (**C. Moule 1972**).

5.5.2. Exigences pédologiques :

La culture de la pomme de terre est adaptée à tous les sols, pourvu qu'ils soient

Approvisionnement en eau adéquat. Cependant, il préfère les argiles légères, siliceuses ou siliceuses avec un sous-sol profond.

5.5.3. Les besoins en eau :

La culture de la pomme de terre a des besoins élevés en eau. Dans des conditions optimales, utiliser 300 ml d'eau pour former 1 g de matière sèche. De plus, son besoin est constant tout au long de la période de végétation. Pendant la période de croissance vigoureuse des tubercules, jusqu'à 80 mètres cubes d'eau par hectare et par jour sont nécessaires. La saison de croissance étant très courte (variétés précoces), il faut veiller à assurer régulièrement un apport suffisant en eau grâce à une bonne préparation du sol (**C. Moule 1972**).

5.5.4. Les Principales variétés cultivées en Algérie :

Tableau n° (25) : les variétés de pomme de terre cultivés en Algérie (CNCC de Tiaret (2013) in H. Benouis et K. Derradji 2015).

Variétés rouges	Variétés blanches
- Bertina	- Safran
- Amoroda	- Spunta
- Cardinal	- Diamant
- Condor	- Sahel
- Désiée	- Lola
- Cléopatra	- Apollo
- Resolie	- Ajax
- Thalassa	- Yesmina

5.6. L'Oignon :

L'oignon est une espèce herbacée, et une vivace de la famille des liliacées, formée d'un bulbe semi-enterré et il est complété par des feuilles creuses, une tige plus ou moins haute couronnée à la floraison par grosse tête ronde constituées de petites fleurs blanches ou mauves. Le cycle végétatif dure de 85 à 120 jours depuis le semis de printemps et semis de fin d'été (ITCMI 2018).

L'oignon est une Plante monocotylédone, allogame, entomophile avec un cycle cultural annuelle pour la production des bulbes ; bisannuelle pour celle des graines (RABIO et al., 2015).

En Algérie, l'oignon est occupé la troisième place parmi les cultures légumières, juste après la pomme de terre et la tomate. Très prisé dans la cuisine algérienne, et un aromate universel, qu'est utilisé soit pour la consommation à l'état frais (récolte en vert) soit pour la conservation. On lui attribue certaines propriétés bénéfiques pour la santé (M. Bennacer et A. Bouderbala 2016).

5.6.1. Les exigences climatiques :

A. La température :

L'oignon exige une gamme de température variable selon les phases de Développement (Morseli 1992).

Tableau n° (26) : les exigences en température de l'oignon (K. Boudërba et H. Berrached 2020).

Stades	Température
Levée de dormance	5-10°C
Germination	2-3°C (optimum 15°C)
Croissance et développement des feuilles	20 à 30°C
Initiation	18 à 23°C
Maturité des bulbes	25°C et plus

5.6.2. Le Sol :

L'oignon préfère les sols sablo-argileux, argilo-sableux ou argilo-calcaires, riches en matières organiques et ayant une bonne capacité de drainage (B. Moreau et al., 1996).

Tableau n° (27) : Quelques variétés d'oignons (M. Bennacer et A. Bouderbala 2016)

Variétés	Caractéristiques
Jaune de paille	- Cette variété rustique et très productive donne des gros bulbes jaunes, plats et épais qui se conservent très bien. - Origine : la France
Inkopah F1	-Variété uniforme de jours courts et précoce, avec un pourcentage très élevé de centres simples et belle couleur rouge sur chaque anneau. Un excellent produit pour les industries hamburgers, sandwichs et salades. - Origine : Etats-Unis
Ceylon F1	- Oignon rouge hybride en forme d'ampoule et de couleur rouge foncé. Se conserve pendant 3 à 4 mois, et est mieux semée entre le 20 mai et le 15 Juin récolte au début de janvier. - Origine : Australie

5.7. Olivier :

L'olivier est un arbre d'exception qui opère une véritable fascination symbole de la force et la victoire, la sagesse et la fidélité, l'immortalité et l'espérance, la richesse et l'abondance, de longévité de paix (C. Breton et al., 2006).

Les oliviers appartiennent à la famille des Oleaceae, qui comprend le lilas (*Syringia*), le troène (*Ligustrum*), le frêne (*Fraxinus*) et plusieurs arbustes comme le forsythia et le jasmin. Le genre s'appelle oléaet et comprend 30 espèces différentes réparties sur la surface de la Terre. L'espèce cultivée dans le monde méditerranéen est *Oléaeuropaea*, qui provient de l'oléocanthal ou dit olivier sauvage. Il se décline en plusieurs variétés et propose des olives aux formes et saveurs variées. Un olivier issu de cette espèce sauvage est nommé *Oleaeuropaeassp. Luzerne* (S. Moreaux 1997).

5.7.1. Les exigences climatiques :

L'olivier a besoin de certain conditions climatiques pour s'épanouie, celles-ci sont décrites ci-dessous :

A. La température :

L'olivier est un arbre originaire des pays au climat méditerranéen, où les températures varient entre 16 et 22°C (température moyenne annuelle). Il aime la lumière et la chaleur, résiste aux températures élevées et même en atmosphère sèche, il ne craint pas les coups de chaleur. De même, elle craint le froid, et les températures négatives peuvent être dangereuses, notamment lors de la floraison (H. Hannachi et al., 2007).

B. La pluviométrie

Les précipitations hivernales permettent au sol de stocker l'eau. Les pluies d'automne de septembre à octobre favorisent la taille et la maturation des fruits (Laummanie 1960). Les précipitations doivent être supérieures à 400 mm et uniformément réparties afin qu'il n'y ait pas de sécheresse de plus de 30 à 45 jours ou d'inondations prolongées (S. Kattar et al., 2001). La grêle est aussi nocive que la neige, mais ne doit pas être excessive car elle peut s'accumuler dans la canopée et couper les branches, les fleurs et les fruits (Conseil Oléicole International COI 2007) in (Z. Siouda et O. Lalami 2020).

La prévention de ces conditions climatiques est donc essentielle pour garantir une bonne production.

5.7.2. Exigences pédologiques :

Les oliviers ne requièrent pas de sols de qualité exceptionnelle et ont la capacité de se développer dans des sols de poor qualité, qu'ils soient argileux ou légers, voire pierreux. Cependant, ces sols doivent être suffisamment profonds pour permettre aux racines de l'arbre de puiser les nutriments dont il a besoin en explorant une quantité suffisante de terre (H. Hannachi et al., 2007).

5.7.3. Les principales variétés d'oliviers cultivées en Algérie :

Tableau n° (28) : Orientations variétales de l'olivier en Algérie (T. Lousser T et G. Brousse 1978) (MADR 2014).

Variétés	Aire de culture	RDT d'huile	Observations
Sigoise	Ouest Algérien (Oranie, Tlemcen)	18-22%	Très estimée pour la conservation et l'huilerie, rendement élevé en huile, variété auto fertile
Cornicabra	Ouest Algérien (Oranie, Tlemcen)	20-24%	Très bon pollinisateur de Sigoise Originaire d'Espagne
Sevillance	Ouest Algérien	18-22%	Très intéressante par le gros calibre des fruits.
Chemlal	Centre Algérien Kabylie	18-22%	Huile très appréciée. Résiste en culture sèche. Inconvénients : autostérile, floraison tardive.
Azradj	Centre Algérien	24-28%	Très bon pollinisateur de Chemlal.
Bouchouk la fayete	Centre Algérien	22-26%	Intéressante pour la région de Bougaâ.
Boukhenfas	Centre Algérien	22-26%	Donne les meilleurs résultats à la station de Sidi-Aich.
Limli	Est Algérien	20-24%	Variété conseillée dans la région de Jijel à SidiAich.

Blanquette	Est Algérien	18-22%	-
Rougette	Est Algérien	18-22%	-
Neb djmel	Sud Est Algérien	14-22%	Variété des régions présaharienne.
Frontoio	Centre et Est	20-24%	Variété italienne, bon pollinisateur de Chemlal.
Coranita	Centre et Est	18-24%	Variété italienne très rigoureuse et très productive.
Longue de Miliana	Centre et Ouest	22-26%	Très localisée dans la région de Miliana.
Ronde de Miliana	Centre et Ouest	18-22%	Très localisée dans la région de Miliana.
Picholine marocaine	Ouest Algérien	20-26%	Très commune avec la Sigoise (même caractère).
Ascolana	Ouest Algérien	18-22%	Fertilité excellente et régulière. Bonne rusticité de l'arbre. Résiste au froid. Pourrait avoir un grand avenir en Algérie.
Hama de Constantine	Est Algérien	18-22%.	Meilleures variétés de la région constantinoise pour la conservation, nécessite des irrigations.
Bouricha	Est Algérien (Collo-Oued El Kebir)	20-24%	Cultivée dans les régions à forte pluviométrie

5.8. Le Cognassier :

Le cognassier (*Cydonia oblonga*) appartient à la famille des Rosacées unique représentant de son genre *Cydonia* (C. Yuksel et al., 2013).

C'est un arbre de petite taille (5 à 8 m de haut et 4 à 6 m de large) à feuilles caduques il est originaire du Moyen-Orient (**E. Orhan et al., 2014**).

Le cognassier fleurit au printemps avec des fleurs blanc-rosé, d'un diamètre de 5 centimètres (**H. Gholgholab 1961**).

5.8.1. Le Coing :

Le coing est le fruit du cognassier (*Cydonia vulgaris* ou *Cydonia oblonga*). C'est un fruit complexe à pépins dérivant d'un ovaire infère (piridion) (**R. Mehrzaz 2017**).

5.8.2. Les Principales variétés de coing :

Les coings ont une forme semblable à celle des pommes et des poires et sont jaune vif à maturité (**E. Orhan 2014**), on distingue donc deux variétés (**C. Yuksel 2013**) :

- *Cydonia oblonga*. Maliformis, fruit en forme de pomme.
- *Cydonia oblonga*. Fruit en forme de poire, fruit en forme de poire.

5.8.3. Les Exigences écologiques :

Ne pousse que dans les climats tempérés frais. Il a besoin d'un sol profond et frais et d'un emplacement ensoleillé. Il préfère l'argile siliceuse, mais il tolère bien si le sol calcaire est frais. Il ne craint pas le froid, mais il a besoin d'une certaine humidité pour que le fruit mûrisse. Propagation par semis à partir de fruits trop mûrs ou par greffage de variétés désignées (**G. Burnie et al., 2003 ; J. Brosse 2010**).

La démarche adoptée se récapitule comme suite :

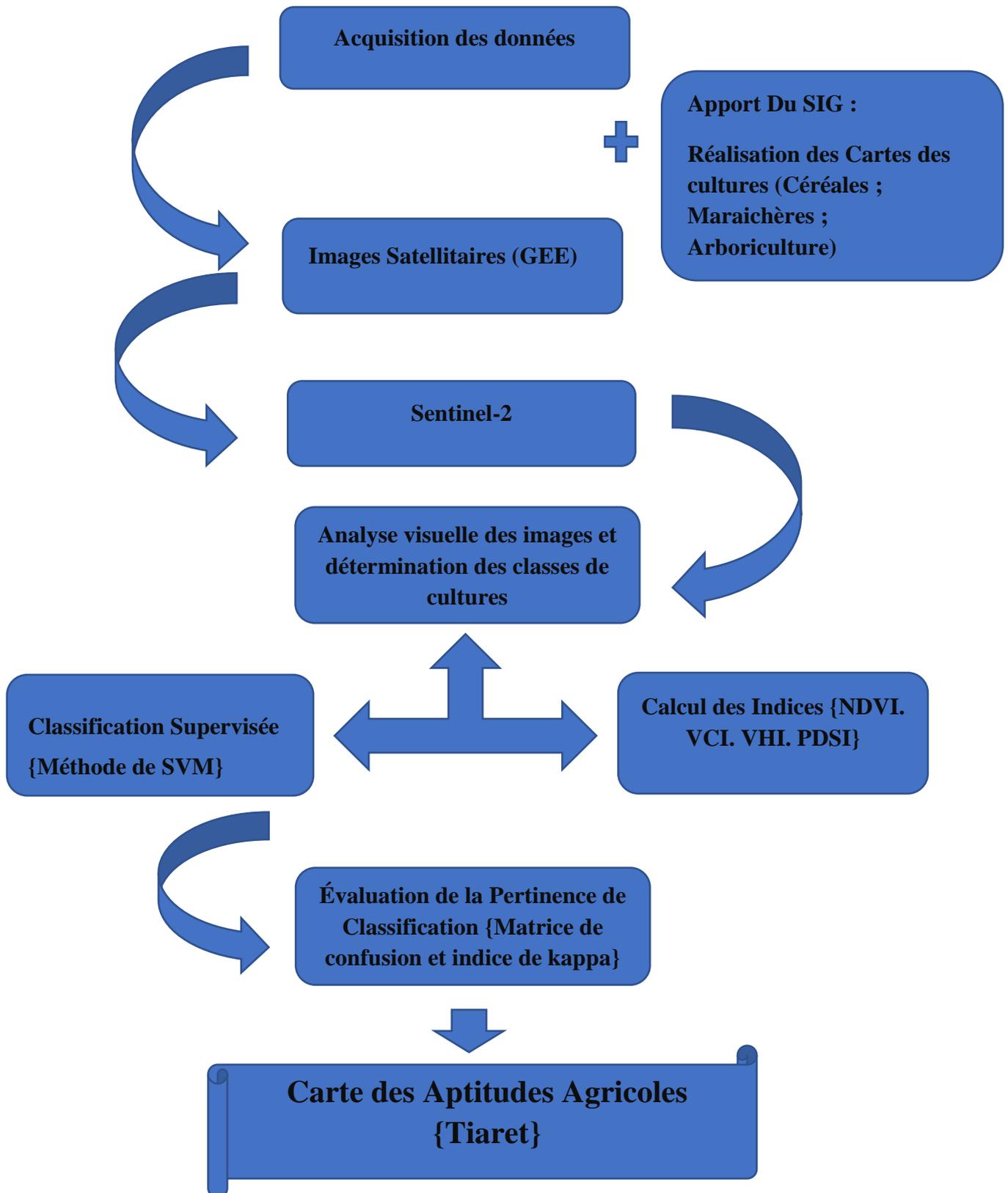


Fig. n° (43) : Approche méthodologique.

CHAPITRE

VI:

RÉSULTATS

ET DISCUSSION:

Après avoir recueilli les statistiques sur les cultures de la Direction des Services Agricoles (DSA), nous avons créé une base de données générale qui répertorie toutes les cultures présentes dans chaque commune de la wilaya de Tiaret, en incluant la superficie et la production de chaque culture. Nous avons ensuite utilisé ces données pour produire des cartes de répartition des cultures suivantes :

- ✓ Céréales : blé dur, blé tendre et orge.
- ✓ Maraîchage : pommes de terre et oignons.
- ✓ Arboriculture : oliviers et coings.

1. Les Cartes Des Cultures :

1.1. Carte de Répartition des Céréales :

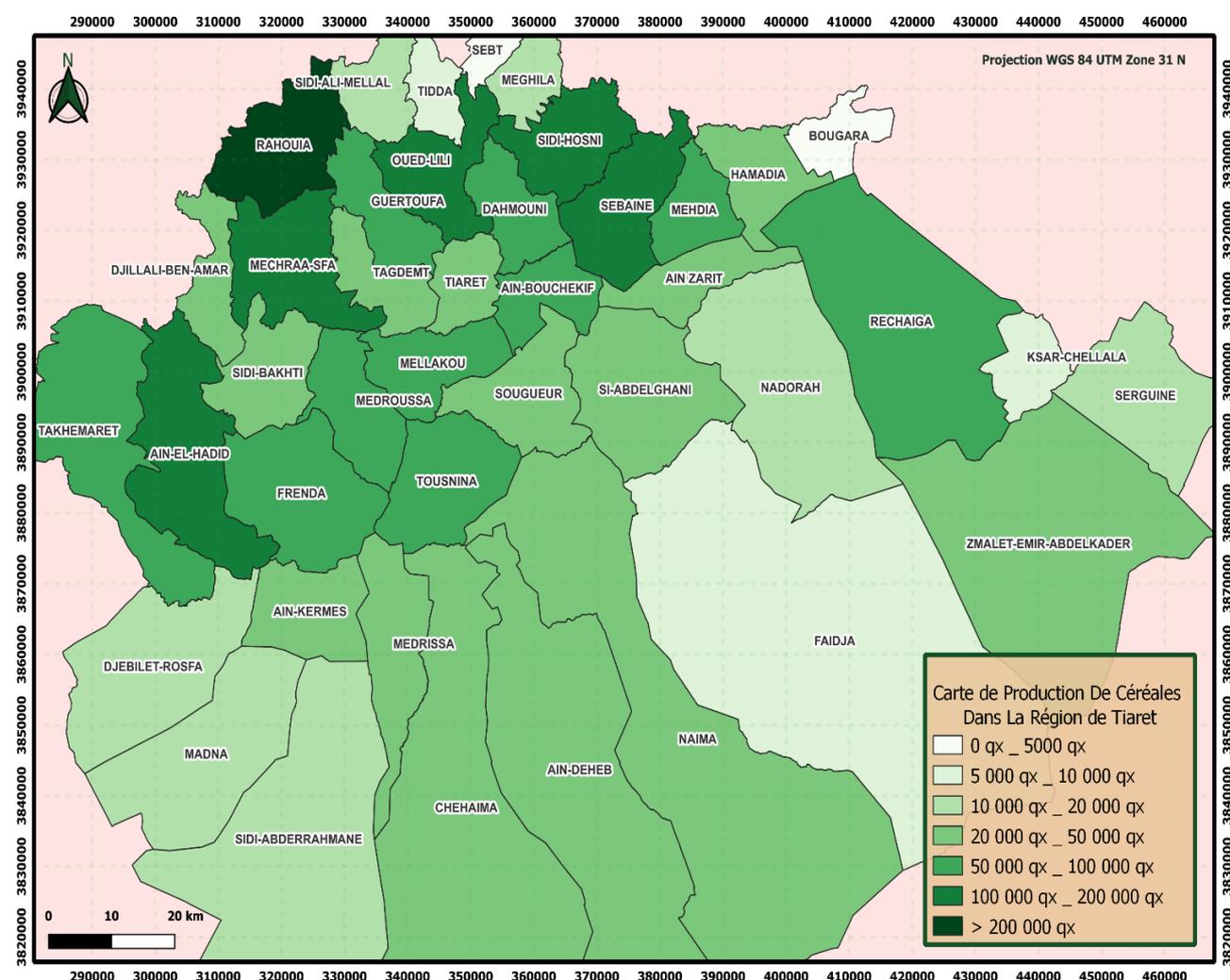


Fig. n° (44) : Carte de répartition des céréales dans la wilaya de Tiaret.

La figure représente la répartition des cultures céréalières dans la wilaya de Tiaret ainsi que les rendements obtenus. Globalement, la figure démontre des rendements élevés, notamment dans la

région de Rahouia qui affiche une production supérieure à 200 000 qx. De plus, les régions de Mechraa-Sfa, Ain-El-Hdid, Sidi Hosni, Oued lili et Sebaine affichent également des rendements moyens, dépassant les 100 000 qx. En revanche, la figure montre des rendements faibles dans les régions de Bougara, Sebt, Faidja, Tidda et Faidja, où la production est inférieure à 5000 qx.

1.2. Carte de répartition de blé dur :

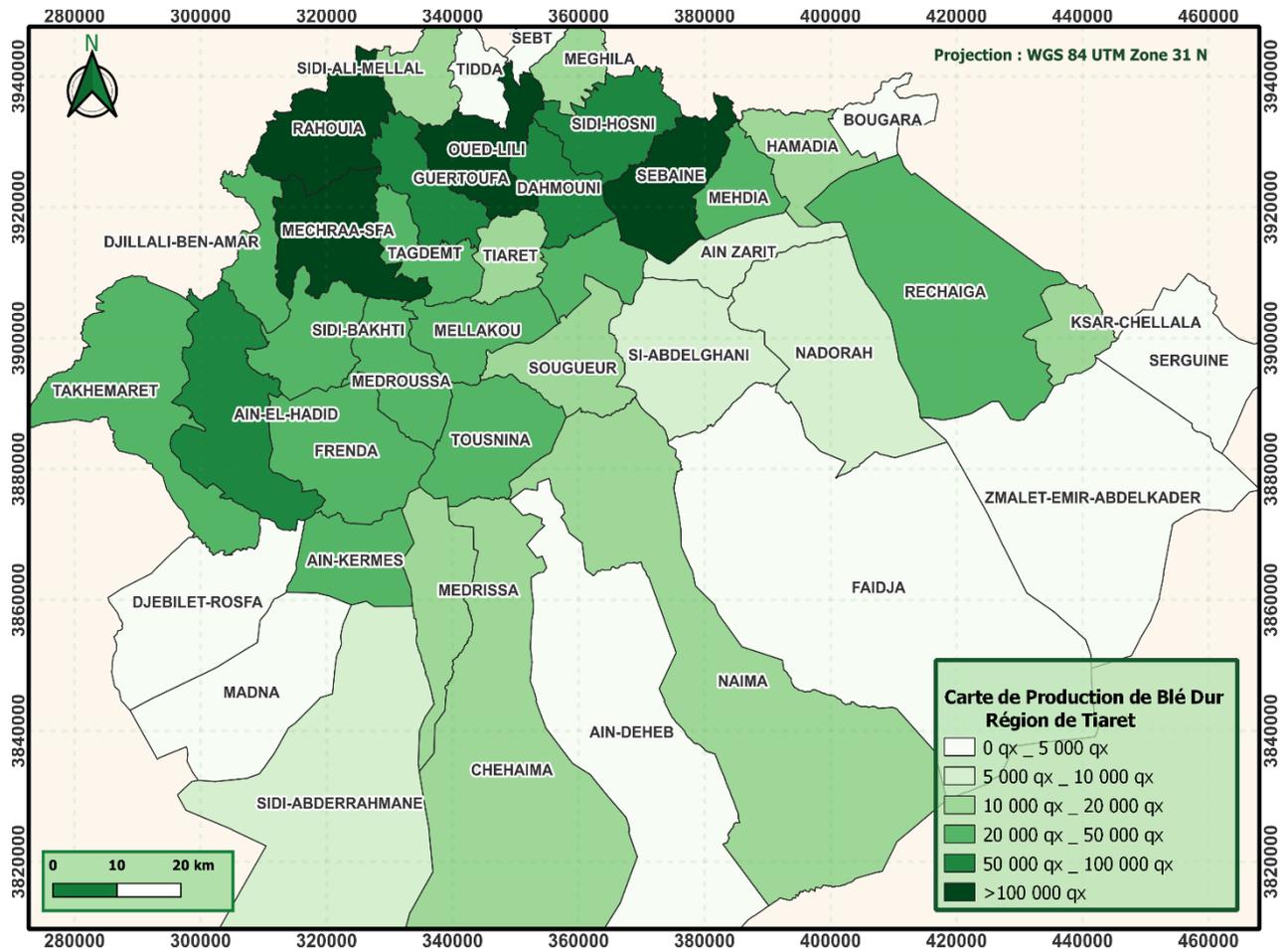


Fig. n° (45) : Carte de répartition de Blé dur dans la wilaya de Tiaret.

La figure représente la répartition de blé dur dans la wilaya de Tiaret, ainsi que les rendements obtenus. Dans l'ensemble, la figure met en évidence des rendements élevés, en particulier dans les régions de Rahouia, Mechraa-Sfa, Oued lili et Sebaine, qui affichent une production supérieure à 100 000 qx. De plus, les régions de Gartoufa, Ain-El-Hadid, Sidi Hosni et Dahmouni présentent également des rendements moyens, se situant entre 50 000 qx et 100 000 qx. En revanche, la figure montre des rendements faibles dans les régions de Tidda, Sebt, Bougara, Serghine, Zmalet-Emir-Abdelkadir, Faidja, Aïn-Deheb, Madna et Djebilet-Rosfa, où la production est inférieure à 5000 qx.

1.3. Carte de répartition de blé tendre :

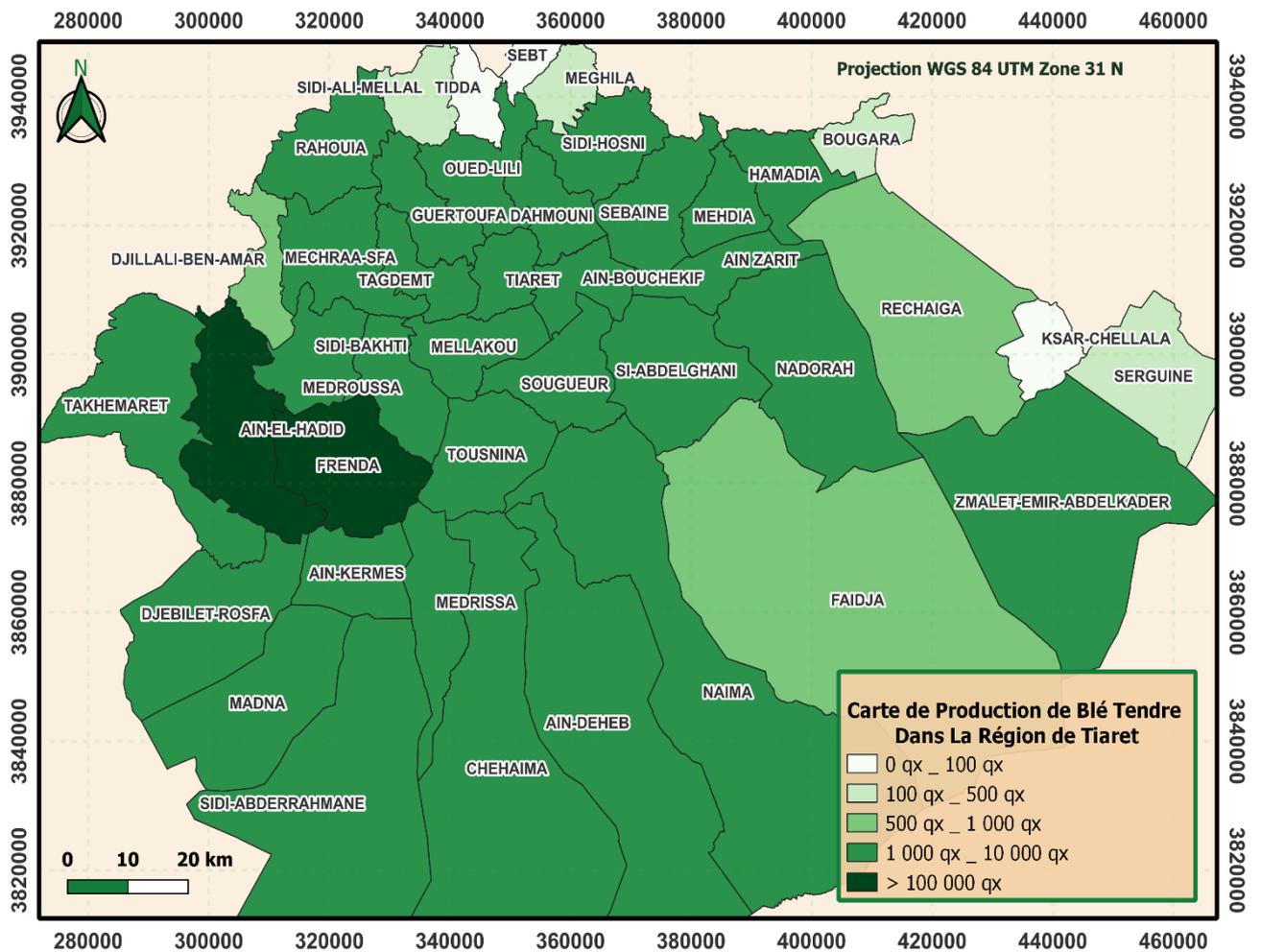


Fig. n° (46) : Carte de répartition de blé tendre dans la wilaya de Tiaret.

La figure représente la répartition de blé tendre dans la wilaya de Tiaret, ainsi que les rendements obtenus. Dans l'ensemble, la figure met en évidence des rendements élevés, en particulier dans les régions de Aïn-El-Hadid et Frennda, qui affichent une production supérieure à 100 000 qx. De plus, les régions de Gartoufa, Oued-Lili, Sidi Hosni, Dahmouni, Tiaret, Sebaine, Mahdia, Hamadia, Aïn-Zarit, Aïn-Bouche kif, Tagdemt, Mechraa-Sfa, Rahouia, Sidi-Bakhti, Mellakou, Medroussa, Sougueur, Si-Abdelghani, Nadorah, Tousnina, Zmalet-Emir-Abdelkadir, Naima, Aïn-Deheb, Chehaima, Medrissa, Aïn-Kermes, Madna, Djebilet-Rosfa et Takhemaret. Et présentent également des rendements moyens, se situant entre 1 000 qx et 10 000 qx. En revanche, la figure montre des rendements faibles dans les régions de Tidda, Sebt et Ksar-Chellala où la production est inférieure à 100 qx.

1.4. Carte de répartition d'orge :

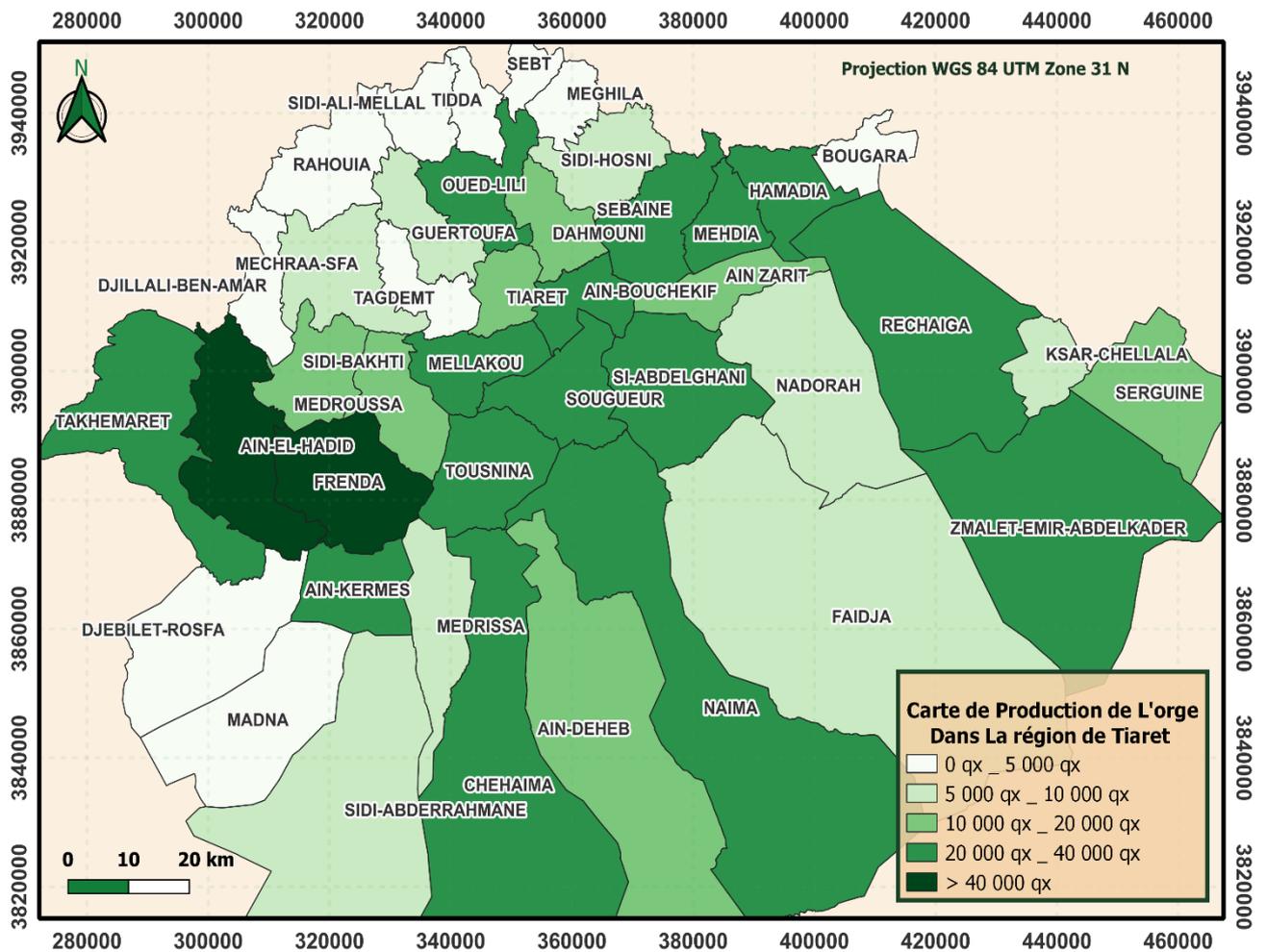


Fig. n° (47) : Carte de répartition d'orge dans la wilaya de Tiaret.

La figure représente la répartition de l'orge dans la wilaya de Tiaret, ainsi que les rendements obtenus. Dans l'ensemble, la figure met en évidence des rendements élevés, en particulier dans les régions de Ain-El-Hadid et Frenda, qui affichent une production supérieure à 40 000 qx. De plus, les régions d'Oued-Lili, Sebaine, Mahdia, Hamadia, Rechaiga, Ain-Bouchekef, Mellakou, Sougueur, Si-Abdelghani, Tousnina, Zmalet-Emir-Abdelkadir, Naima, Chehaima, Ain-Kermes et Takhemaret présentent également des rendements moyens, se situant entre 20 000 qx et 40 000 qx. En revanche, la figure montre des rendements faibles dans les régions de Rahouia, Djilali-Ben-Amar, Tagdemt, Sidi-Ali-Mellal, Tidda, Sebt, Meghila, Bougara, Madna et Djebilet-Rosfa, où la production est inférieure à 5000 qx.

1.5. Carte de répartition de culture maraichères :

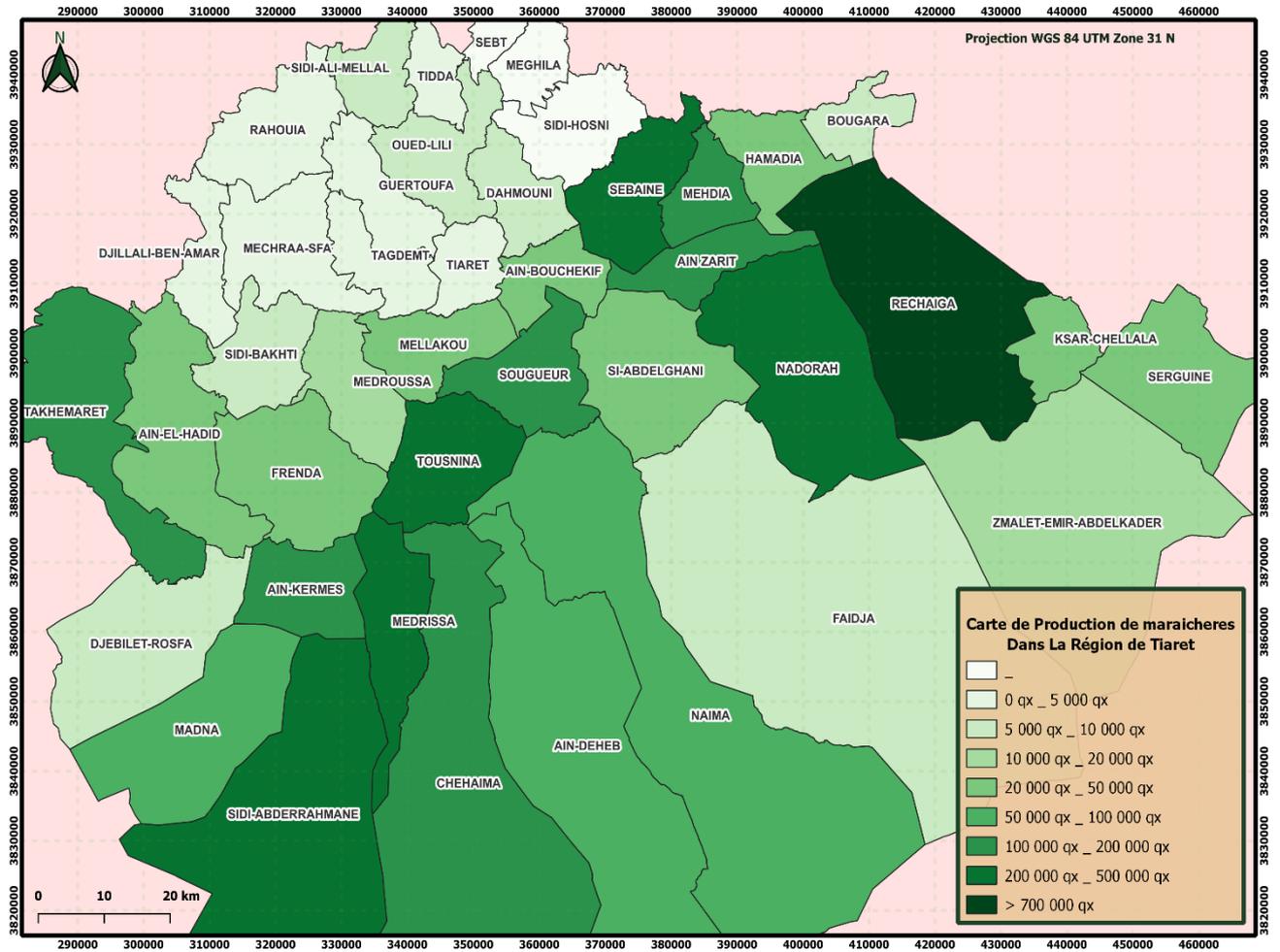


Fig. n° (48) : Carte de répartition des maraichères dans la wilaya de Tiaret.

La figure représente la répartition de cultures maraichères dans la wilaya de Tiaret, ainsi que les rendements obtenus. Dans l'ensemble, la figure met en évidence des rendements élevés, en particulier dans la région de Rechaiga, qui affichent une production supérieure à 700 000 qx. De plus, les régions de Sebaine, Nadorah, Tousnina, Medrissa et Sidi-Abderrahmane présentent également des rendements moyens, se situant entre 200 000 qx et 500 000 qx. En revanche, la figure montre des rendements faibles dans les régions de Tidda, Tagdemt, Rahouia, Mechraa-Sfa, Tiaret et Djilali-Ben-Amar, où la production est inférieure à 5000 qx et aucune production dans les régions de Sebt, Meghila et Sidi-Hosni.

1.6. Carte de répartition de la pomme de terre :

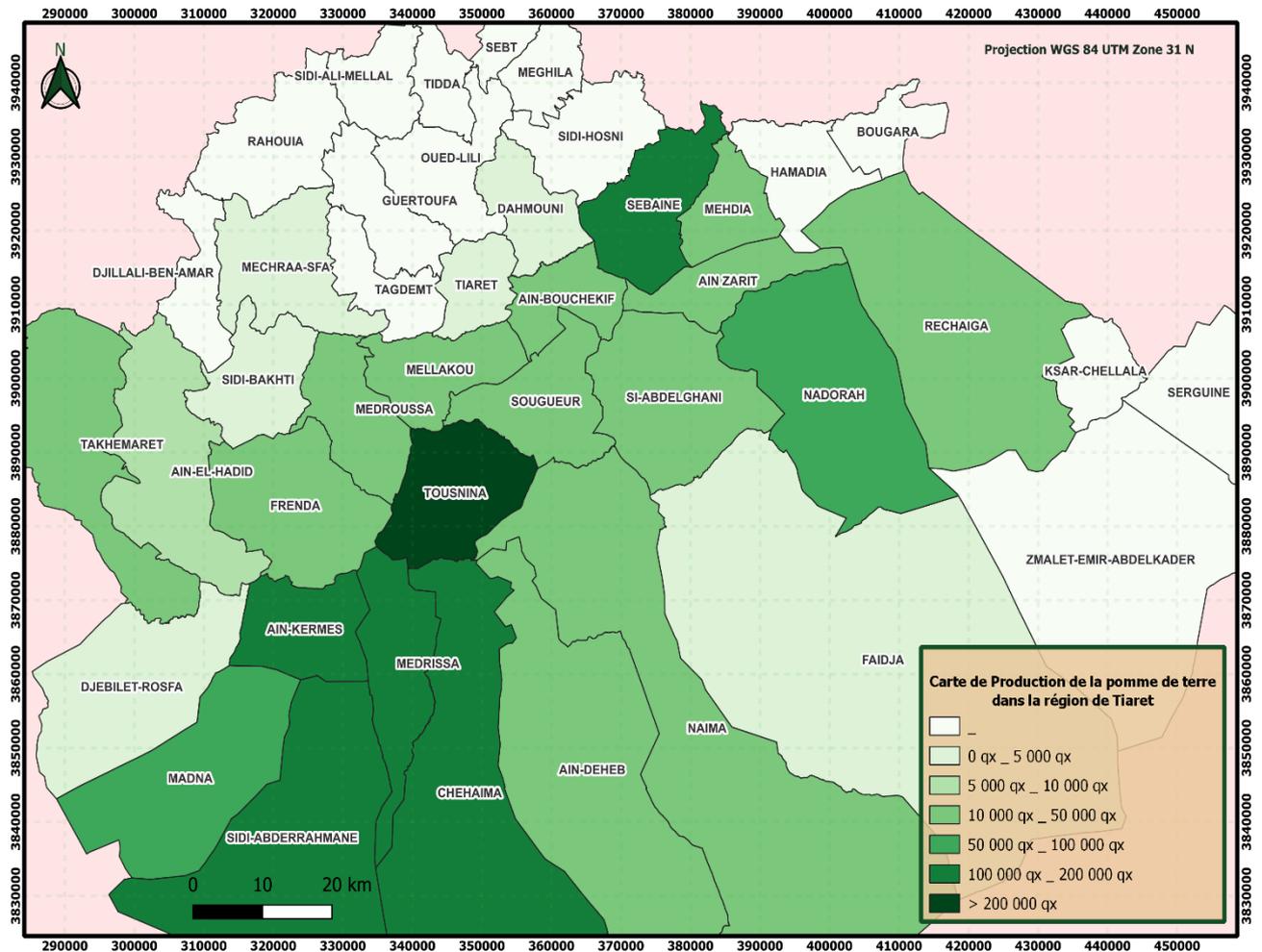


Fig. n° (49) : Carte de répartition de la pomme de terre dans la wilaya de Tiaret.

La figure représente la répartition de la culture de pommes de terre dans la wilaya de Tiaret, ainsi que les rendements obtenus. Dans l'ensemble, la figure met en évidence des rendements élevés, notamment dans la région de Tousnina, qui affiche une production supérieure à 200 000 qx de pommes de terre. De plus, les régions d'Ain-Kermes, Medrissa, Sidi-Abderrahmane, Chehaima et Sebaine présentent également des rendements moyens, situés entre 100 000 qx et 200 000 qx. En revanche, la figure montre des rendements faibles dans les régions de Tiaret, Dahmouni, Mechraa-Sfa, Sidi-Bakhti, Faidja et Djebilet-Rosfa, où la production est inférieure à 5000 qx. De plus, les régions de Rahouia, Tagdemt, Djilali-Ben-Amar, Ouad-Lili, Gartoufa, Sidi-Hosni, Sidi-Ali-Mellal, Tidda, Meghila, Hamadia et Bougara ne montrent aucune production de pommes de terre.

1.8. Carte de répartition de L'Arboricultures :

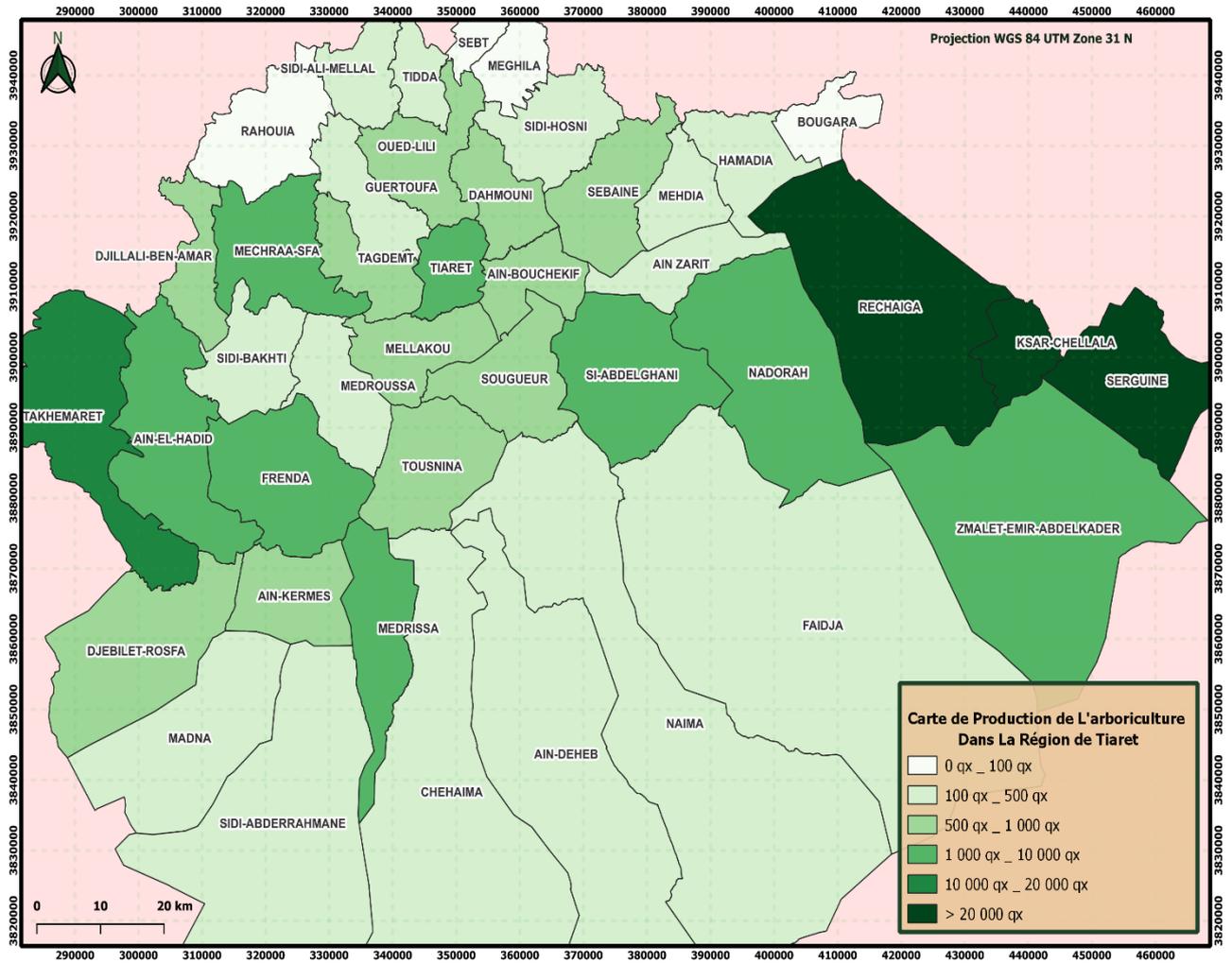


Fig. n° (51) : Carte de répartition d'Arboriculture dans la wilaya de Tiaret.

La figure représente la répartition de l'arboriculture dans la wilaya de Tiaret, ainsi que les rendements obtenus. Dans l'ensemble, la figure met en évidence des rendements élevés, en particulier dans les régions de Rechaiga, Ksar-Chellala et Serghine, où la production dépasse 20 000 quintaux (qx). De plus, les régions de Takhemaret, Mechraa-Sfa, Ain-El-Hadid, Frenda, Medrissa, Si-Abdelghani, Nadorah, Tiaret et Zmalet-Emir-Abdelkader présentent également des rendements moyens, situés entre 10 000 qx et 20 000 qx. En revanche, la figure montre des rendements faibles dans les régions de Rahouia, Sebt, Meghila et Bougara, où la production est inférieure à 100 qx.

1.9. Carte de répartition d'olivier :

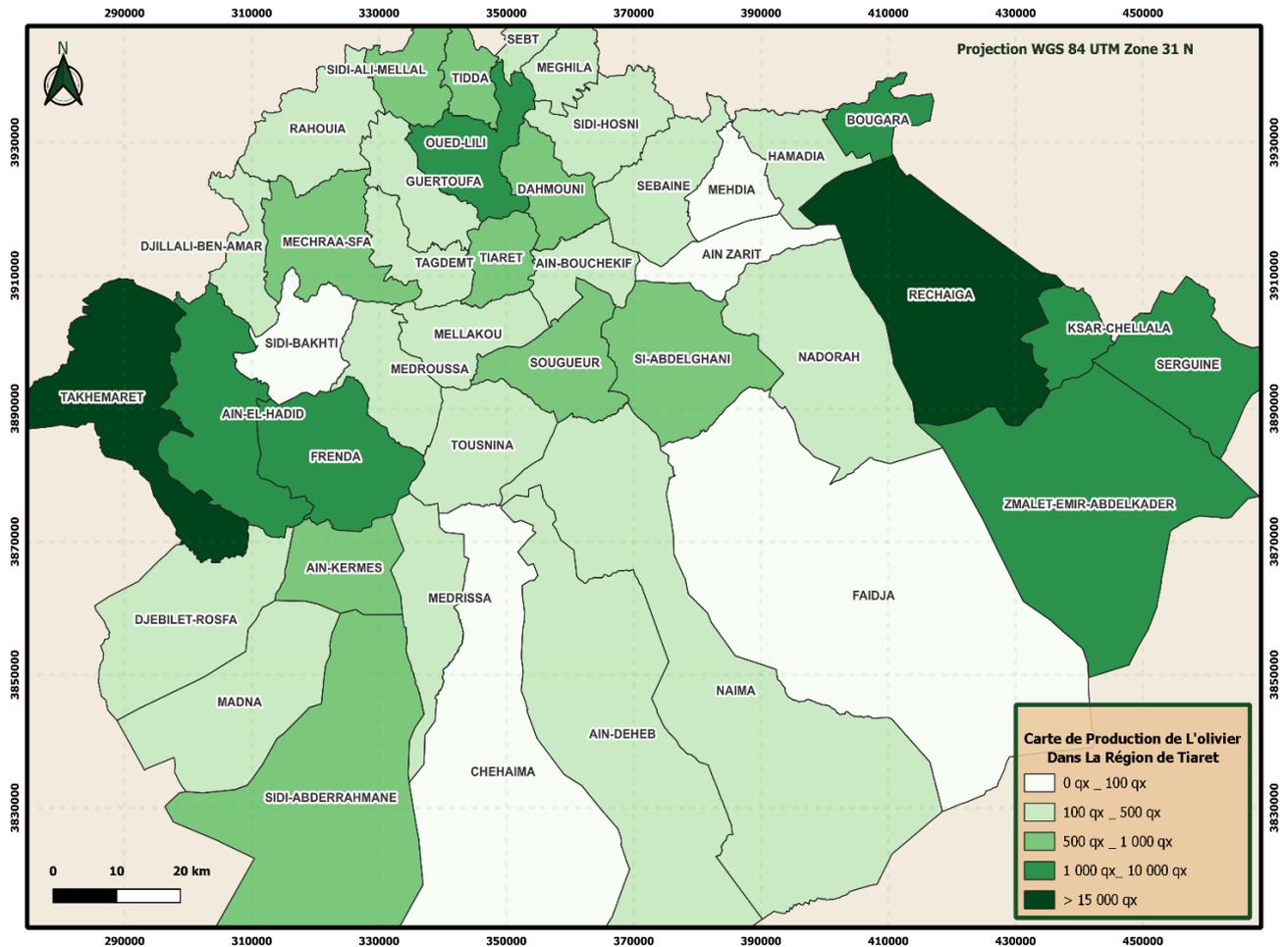


Fig. n° (52) : Carte de répartition d'Olivier dans la wilaya de Tiaret.

La figure représente la répartition d'olivier dans la wilaya de Tiaret ainsi que les rendements obtenus. Globalement, la figure démontre des rendements élevés, notamment dans la région de Rechaiga et Takhemaret qui affiche une production supérieure à 15 000 qx. De plus, les régions de Ain-El-Hadid, Frenda, Zmalet-Emir-Abdelkader, Serghine et Ksar-Chellala affichent également des rendements moyens, situés entre 1 000 qx à 10 000 qx. En revanche, la figure montre des rendements faibles dans les régions de Mahdia, Ain-Zarit, Faïdja, Chehaima et Sidi-Bakhti où la production est inférieure à 100 qx.

1.10. Carte de répartition du coing :

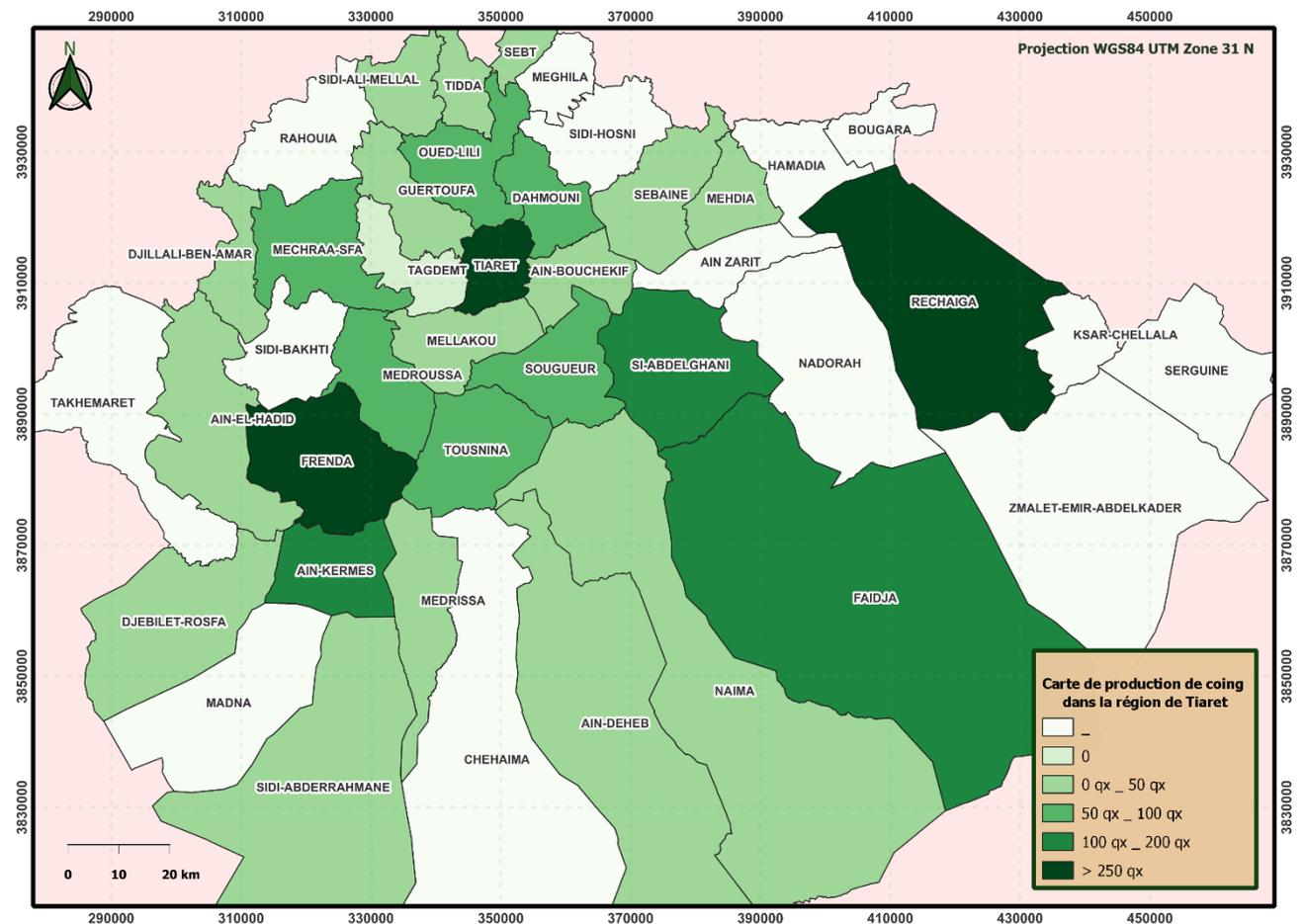


Fig. n° (53) : Carte de répartition du coing dans la wilaya de Tiaret.

La figure représente la répartition du coing dans la wilaya de Tiaret ainsi que les rendements obtenus. Globalement, la figure démontre des rendements élevés, notamment dans la région de Tiaret, Rechaiga et Frenda qui affiche une production supérieure à 250 qx. De plus, les régions de Si-Abdelghani, Ain-Kermes et Faidja affichent également des rendements moyens, situés entre 100 qx à 200 qx. En revanche, la figure montre des rendements faibles dans les régions de Sidi-Ali-Mellal, Tidda, Sebt, Guertoufa, Sebaine, Mahdia, Ain-Bouchekef, Mellakou, Djilali-Ben-Amar, Ain-El-Hadid, Djebilet-Rosfa, Sidi-Abderrahmane, Medrissa, Ain-Deheb et Naima où la production est inférieure à 50 qx. De plus, aucune production n'est observée dans les régions de Meghila, Sidi-Hosni, Rahouia, Sidi-Bakhti, Madna, Chehaima, Nadorah, Zmalet-Emir-Abdelkader, Serguine, Ksar-Chellala, Ain-Zarit et Hamadia.

2. Application des Indices :

Pour réaliser une carte d'aptitude agricole dans la région de Tiaret et évaluer les conditions environnementales ainsi que les zones touchées par la sécheresse, nous avons calculé plusieurs indices. Ces indices comprennent :

- ✓ VCI (Indice de condition de la végétation).
- ✓ VHI (Indice de santé de la végétation).
- ✓ NDVI (Indice de végétation par différence normalisée).
- ✓ PDSI (Indice de gravité de la sécheresse de Palmer).

En utilisant ces indices, nous avons pu obtenir des informations précieuses sur les caractéristiques du milieu et identifier les régions présentant des conditions favorables ainsi que celles touchées par la sécheresse dans la région de Tiaret.

2.1. NDVI (Indice de végétation par différence normalisée) :

L'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) est un outil utilisé pour évaluer la santé et la vigueur des plantes en mesurant leur contenu en chlorophylle. Il est obtenu à l'aide de capteurs embarqués sur des satellites ou des drones, qui mesurent la quantité de lumière réfléchiée par les cultures. Le NDVI se base sur une grandeur physique appelée réflectance, qui indique la capacité des plantes à réfléchir la lumière (**A. Abdelbaki 2012**).

En agriculture, le NDVI est utilisé pour évaluer la quantité de végétation présente et la vigueur de la culture dans une parcelle agricole. Il permet de déterminer le degré de couverture végétale et d'identifier les zones où la croissance des plantes peut être faible ou stressée. Cela peut aider les agriculteurs à prendre des décisions éclairées concernant l'irrigation, les fertilisants ou les traitements phytosanitaires, en ciblant les zones nécessitant une attention particulière (**A. Abdelbaki 2012**).

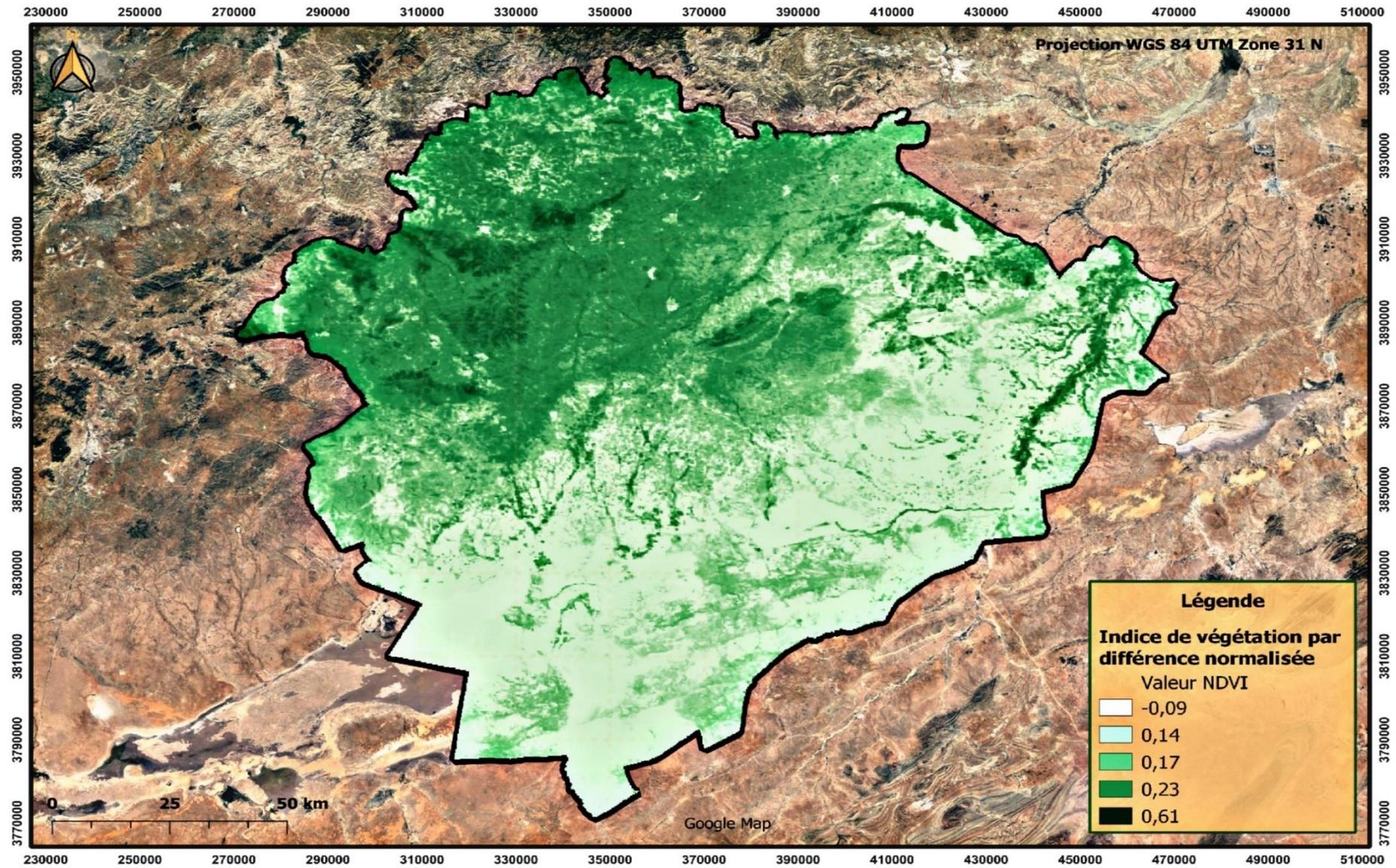


Fig. n ° (54) : Carte de l'indice de végétation par différence normalisée NDVI.

En analysant les données présentées sur la carte dans une saison agricole, nous pouvons observer que les valeurs de l'indice de végétation normalisée (NDVI) se situent entre deux limites. La valeur minimale enregistrée est de -0,09, tandis que la valeur maximale est de 0,61. Chaque valeur est représentée par une gamme de couleurs, où les valeurs les plus proches de 1 indiquent une couverture végétale plus dense, tandis que les valeurs les plus proches de zéro indiquent une couverture végétale plus faible.

Ces informations nous permettent d'évaluer la santé et la vigueur de la végétation dans la zone étudiée. Les valeurs plus élevées du NDVI correspondent à une végétation plus saine et vigoureuse, tandis que les valeurs plus basses indiquent une végétation moins développée ou potentiellement stressée.

On peut classer les valeurs de l'indice NDVI présentes sur la carte en 4 classes :

- Valeurs négatives (-0.09) : Les valeurs négatives du NDVI indiquent généralement des surfaces d'eau ou des nuages, où la réflectance infrarouge est plus élevée que la réflectance rouge.
- Valeurs proches de zéro : Des valeurs proches de zéro peuvent indiquer des surfaces sans végétation, telles que des zones urbaines, des routes, des roches ou des sols nus.
- Valeurs basses à moyennes (0-0,3) : Ces valeurs sont généralement associées à une végétation clairsemée ou stressée, comme des terres agricoles avec des cultures peu denses ou affectées par des conditions défavorables.
- Valeurs élevées (0,3-0,8) : Des valeurs élevées du NDVI sont souvent observées dans des régions de végétation dense et saine, telles que les forêts, les prairies ou les cultures saines.

On remarque que les valeurs de l'indice NDVI sont plus élevées dans la partie nord (agriculture et forestier) de la wilaya que dans la partie sud (les steppes), du côté Est se trouve la région d'Oued Touil, où une activité agricole en irrigué est présente. Cela se manifeste par une valeur élevée de l'indice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Une valeur élevée indique une végétation dense et prospère. Ainsi, la présence d'une activité agricole active dans la région est responsable de cette augmentation de la valeur de l'indice NDVI.

2.2. VCI (Vegetation Condition Index) :

L'indice de l'état de la végétation (VCI) est une mesure utilisée pour évaluer la santé et la vigueur de la végétation, en particulier dans les contextes agricoles. Il fournit des informations sur l'état de la couverture végétale et peut aider à surveiller la sécheresse, à évaluer la santé des cultures et à évaluer l'impact des facteurs environnementaux sur la croissance des plantes.

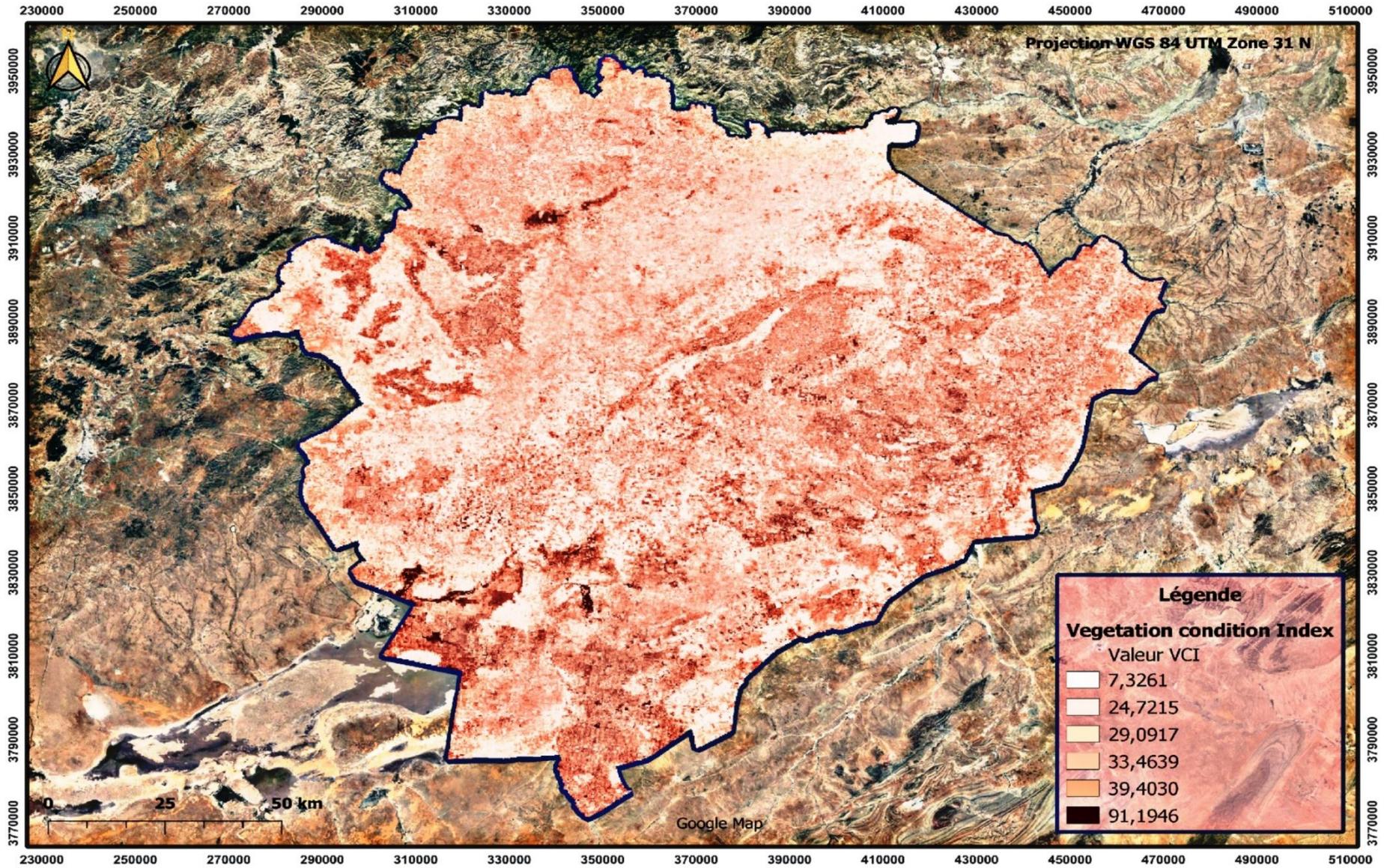


Fig. n° (55) : carte de l'indice VCI (Vegetation condition index).

En examinant les données présentées sur la carte dans une saison agricole, nous pouvons observer que l'indice de l'état de végétation (VCI) varie entre deux extrêmes. La valeur minimale enregistrée est de -7,32, tandis que la valeur maximale est de 91,17.

Ces informations nous permettent d'évaluer la santé et la vigueur de la végétation dans la zone étudiée. Les valeurs plus élevées du VCI correspondent à une végétation plus saine et vigoureuse, tandis que les valeurs plus basses indiquent une végétation moins développée ou potentiellement stressée. En utilisant l'indice VCI, nous pouvons donc obtenir des indications sur la condition générale de la végétation dans la zone, ce qui peut être utile pour évaluer les impacts environnementaux, suivre l'évolution des cultures ou prendre des décisions de gestion appropriées.

On peut classer les valeurs de l'indice VCI présentes sur la carte en 3 classes :

- VCI élevé (91.17) pas de sécheresse : Un VCI élevé indique une végétation en bonne santé et vigoureuse. Cela peut suggérer des conditions optimales de croissance, avec une abondance d'eau et des ressources suffisantes pour les cultures. Dans ce cas, il est probable que les cultures se développent normalement et atteignent leur plein potentiel de rendement.
- VCI (valeur entre 20 et 40) une sécheresse sévère : peut indiquer une certaine variabilité dans les conditions de croissance. Cela peut être dû à des variations saisonnières normales ou à des facteurs environnementaux tels que des fluctuations de précipitations ou de températures.
- VCI faible (7.32) sécheresse extrême : Un VCI faible indique une détérioration significative de la végétation. Cela peut être causé par des conditions de sécheresse prolongée, un manque d'eau, des problèmes de nutrition des plantes, des maladies ou des ravageurs. Un faible VCI peut être un indicateur précoce de stress des cultures (**T. Nasser ; Gh. Faour et L. Touchart 2020**).

D'après la figure de l'indice d'état de végétation (VCI) pour Tiaret, il est évident que la valeur du VCI est généralement basse dans la plupart des régions, voire « pratiquement partout ».

Dans la partie nord, l'indice d'état de végétation (VCI) affiche généralement des valeurs comprises entre 20 et 30, ce qui indique une sécheresse modérée. En revanche, dans la partie sud, les valeurs se situent entre 30 et 40, ce qui témoigne d'une sécheresse légère. Cependant, à proximité de la région de Sidi Abderrahmane, on observe un VCI élevé, suggérant une absence de sécheresse dans cette zone parce que la présence de Chott-cherGUI (zone humide naturelle). De plus, près de la région de Mechraa Sfa, la présence de ressources en eau telles que les barrages de Bakhada maintenir un VCI élevé dans cette zone.

2.3. VHI (Vegetation Health index) :

Le VHI a montré son efficacité pour le suivi et l'évaluation des sécheresses sur différents types de cultures (**Unganai et Kogan, 1998 ; Seiler et al., 2007**). L'indice VHI est défini de telle sorte que plus l'indice NDVI est bas et la température de surface est élevée, plus la couverture végétale est mauvaise. Cet indicateur permet de décrire l'état de la végétation, notamment dans des aires hétérogènes (**Kogan, 1995**). Il combine deux indicateurs, l'un de végétation (Vegetation Condition Index, VCI) et l'autre de température (Temperature Condition Index, TCI) (**T. Nasser ; Gh. Faour et L. Touchart 2020**).

Le VHI (Vegetation Health Index) est un indice utilisé pour évaluer la santé de la végétation. Il combine des informations sur l'état de la végétation en termes de vigueur, de densité et de stress hydrique. Les valeurs du VHI varient généralement de 0 à 100, où des valeurs plus élevées indiquent une végétation plus saine et des valeurs plus basses indiquent une végétation moins saine.

En examinant les données présentées sur la carte dans une saison agricole, nous pouvons observer que l'indice de la santé de végétation (VHI) varie entre deux extrêmes. La valeur minimale enregistrée est de 23.79 tandis que la valeur maximale est de 71.71.

On peut classer les valeurs de l'indice VCI présentes sur la carte en 5 classes :

- Valeur VHI (23.79) : Très mauvais. Cette valeur indique une détérioration grave de la végétation. Il est probable que la végétation soit confrontée à des conditions extrêmes, telles qu'une sécheresse prolongée ou d'autres facteurs de stress importants (Sécheresse modérée).
- Valeur VHI (35.00) : Mauvais .la végétation est en mauvaise santé, mais elle n'est peut-être pas aussi fortement affectée que dans la plage "Très mauvais". Des facteurs tels que le stress hydrique ou d'autres conditions défavorables peuvent influencer cette valeur. (Légère Sécheresse).
- Valeur VHI (37.66) : Mauvais Cette valeur indique une santé végétale relativement faible. Il peut y avoir des signes de stress hydrique, de maladies ou d'autres facteurs qui affectent la vigueur et la densité de la végétation. ((légère Sécheresse).
- Valeur VHI (40.12 ; 43.15) : La végétation est dans un état de santé modéré. Bien qu'elle puisse montrer certains signes de stress, elle est encore capable de maintenir une certaine vigueur et densité. (Légère Sécheresse)

- Valeur VHI (71.71) : Bon. La végétation est en bonne santé. Elle affiche une vigueur et une densité satisfaisantes, et elle semble être relativement exemptes de stress significatif. (Pas de sécheresse) (**T. Nasser ; Gh. Faour et L. Touchart 2020**).

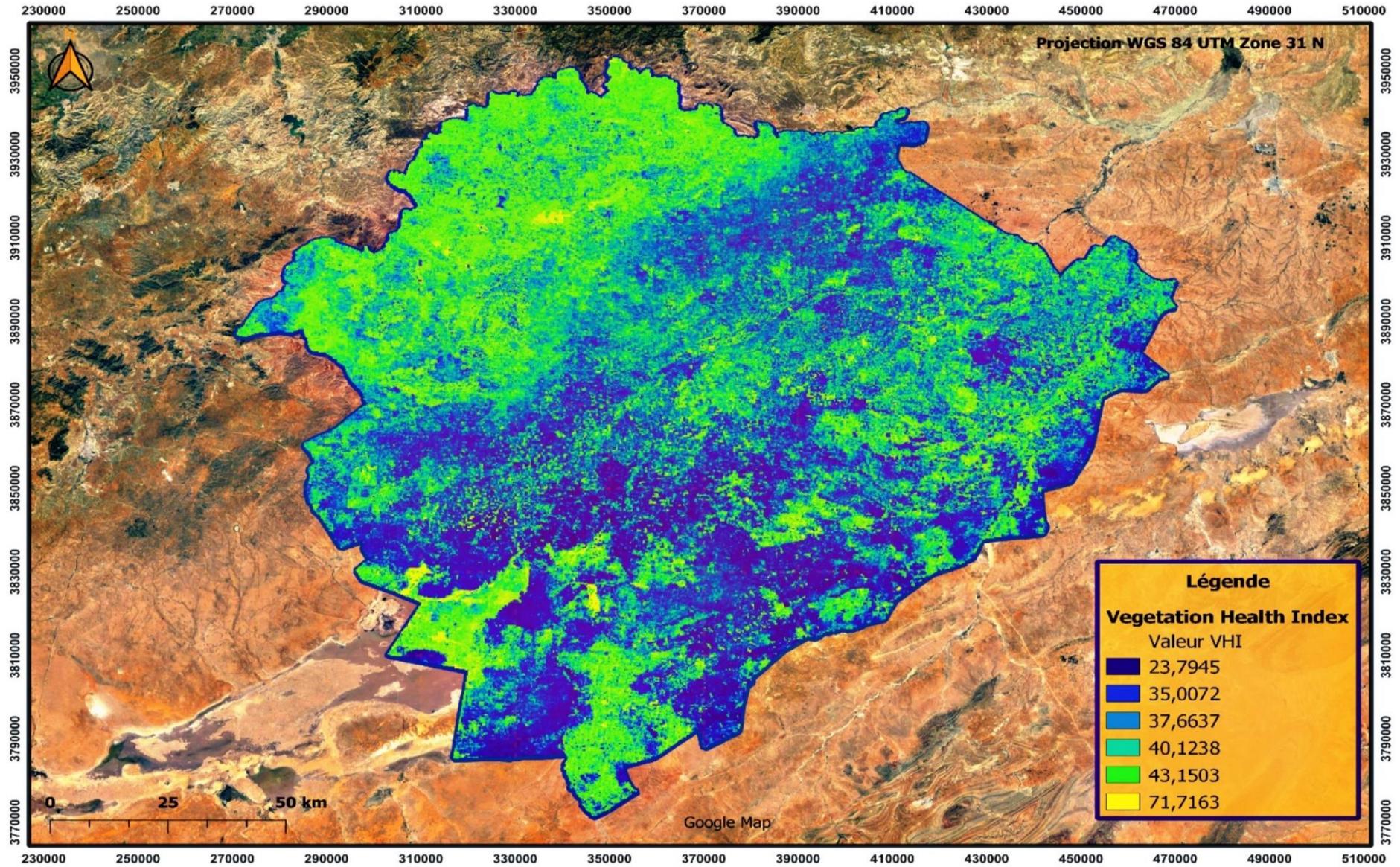


Fig. n° (56) : Carte de L'indice VHI (Vegetation Health Index).

Selon la figure de l'indice de santé de la végétation (VHI) pour Tiaret, on peut observer que les valeurs du VHI sont généralement élevées dans la plupart des régions du nord, ce qui indique une légère sécheresse. Cette situation est due à la présence de forêts et de zones agricoles dans ces régions, ainsi qu'à la zone de Sidi Abderrahmane.

Dans la partie nord, les valeurs de l'indice de santé de la végétation (VHI) se situent généralement entre 40 et 71, ce qui indique une sécheresse légère. En revanche, dans la partie sud, les valeurs se situent entre 35 et 43, ce qui témoigne d'une sécheresse modérée. Cependant, à proximité de la région de Sidi Abderrahmane, on observe un VHI élevé, suggérant une absence de sécheresse dans cette zone. Cela peut être attribué à la présence de Chott-chergui, une zone humide naturelle qui contribue à maintenir des conditions plus favorables pour la végétation.

Il est important de noter que ces observations sont basées sur l'analyse de l'indice de santé de la végétation (VHI) spécifique à Tiaret et peuvent varier en fonction des saisons et des caractéristiques spécifiques de la végétation de la région.

2.4. PDSI (Indice de gravité de la sécheresse de Palmer) :

L'indice de sécheresse de Palmer est un indicateur qui mesure les conditions de sécheresse à long terme en prenant en compte les précipitations, l'évaporation et la rétention d'eau dans le sol. Il fournit une mesure quantitative de la sécheresse sur une échelle allant de très humide à très sec. Cet indice est souvent utilisé par les météorologues, les climatologues et les spécialistes de la gestion des ressources en eau pour évaluer l'ampleur et la durée des sécheresses (W.C. Palmer 1965 ; JR. Heim 2002).

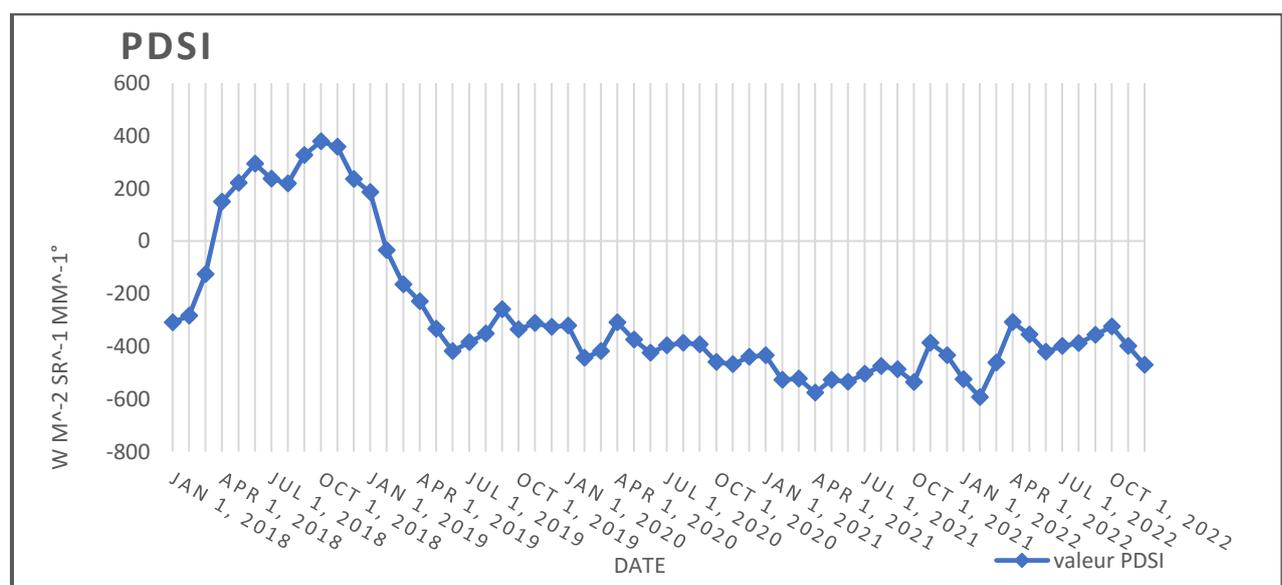


Fig. n° (57) : Les Valeurs de L'indice PDSI Pour Les Années (2018 à 2022).

Nous observons dans le document que l'indice de sécheresse présente des valeurs positives tout au long de l'année 2018, ce qui indique une absence de sécheresse. Cependant, à partir du début de 2019 jusqu'en 2022, nous constatons une fluctuation des valeurs qui deviennent négatives, ce qui suggère la présence d'une sécheresse sévère. Cette sécheresse atteint son point culminant avec une valeur de [-600] en [janvier 2022].

Il est important de souligner que des valeurs négatives plus basses indiquent une sécheresse plus intense. Par conséquent, cette baisse continue de l'indice de sécheresse de Palmer au fil du temps suggère une détérioration des conditions hydriques dans la région étudiée.

Ces observations soulignent l'importance de mettre en place des mesures d'adaptation et de gestion des ressources en eau pour faire face à cette sécheresse sévère. Il pourrait être nécessaire de prendre des mesures telles que la conservation de l'eau, la mise en œuvre de pratiques agricoles adaptées à la sécheresse et la gestion rationnelle des ressources hydriques pour atténuer les effets de la sécheresse sur l'écosystème et les communautés locales.

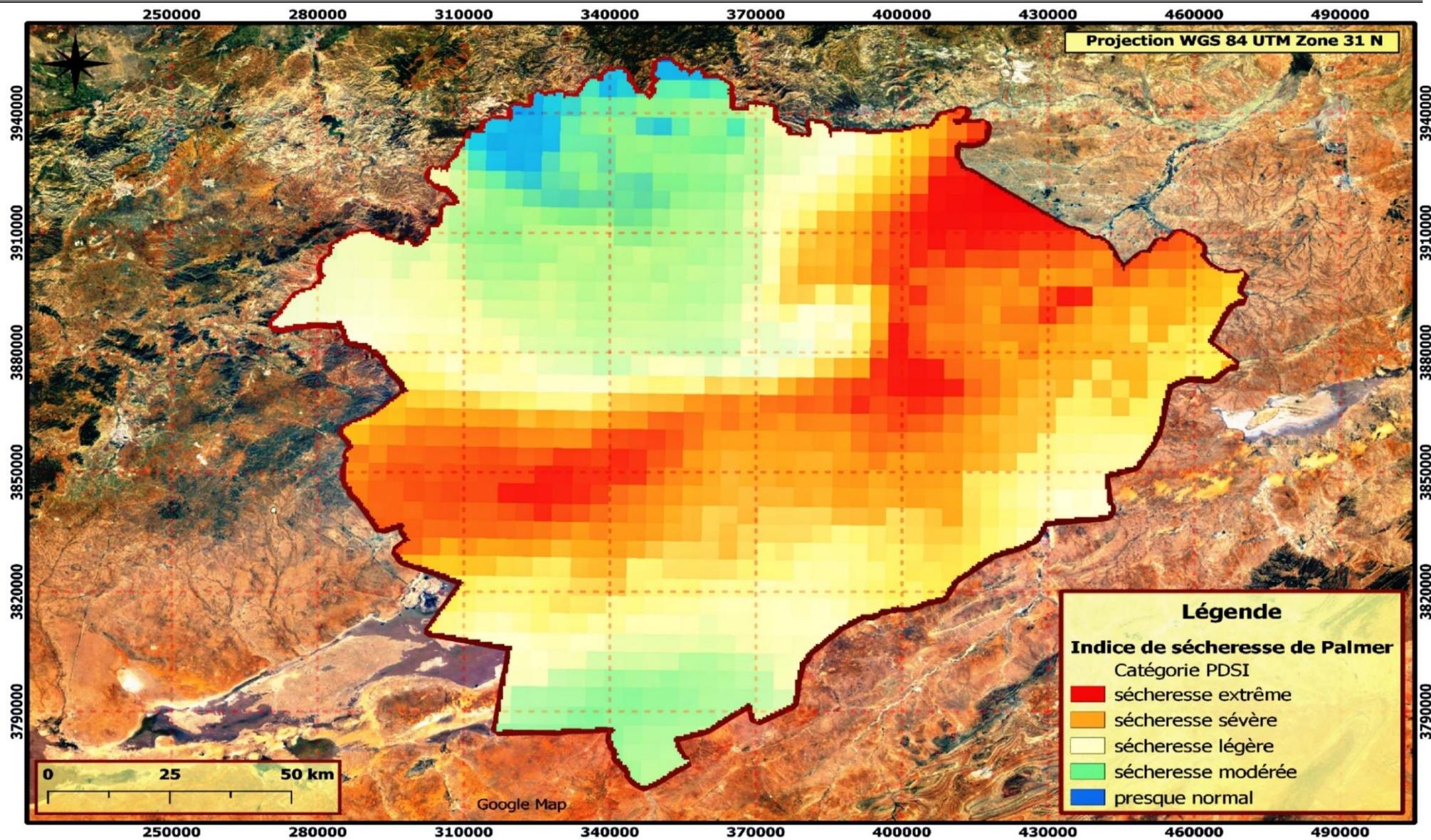


Fig. n° (58) : Carte de L'indice de Sécheresse de Palmer pour une saison actuelle.

La région d'étude présente des valeurs de l'indice PDSI pour la saison actuelle (voir figure n°). L'indice PDSI utilise une échelle de valeurs allant de l'extrêmement sec à l'extrêmement humide. Les valeurs négatives indiquent des conditions de sécheresse, tandis que les valeurs positives indiquent des conditions humides. Dans notre cas, les valeurs négatives témoignent d'une sécheresse absolue qui s'est produite dans la zone d'étude.

De plus, les résultats obtenus mettent en évidence plusieurs points importants. Tout d'abord, la valeur du PDSI se situe entre -3 et -4, ce qui indique une sécheresse sévère dans les régions des hautes plaines, en particulier dans les régions de l'est, telles que Rechaiga, Faidja et Ain Kermes.

En revanche, dans le sud et le nord, les valeurs se situent entre -2 et -3, ce qui indique une sécheresse légère à modérée, avec un état presque normal dans le nord extrême, comme dans la région de Rahouia.

Ces observations confirment l'impact de la sécheresse dans la région d'étude, en mettant en évidence des zones où la sécheresse est plus sévère et d'autres où elle est moins prononcée. Ces informations sont essentielles pour évaluer l'état des ressources hydriques et pour orienter les décisions de gestion des terres et des cultures dans la région.

3. Les Cartes Des aptitudes Agricoles Réalisé Par La C.F.T :

3.1. Le périmètre de Adjermaia - Zmalet Emir Abdelkader - :

3.1.1. Identification du périmètre :

Selon les termes du contrat, Adjermaia est un périmètre délimité dans la commune de Z'malet Emir Abdelkader, couvrant une superficie de 5 896 hectares. En 2013, un plan cadastral a été établi pour ce périmètre en vue de sa mise en Valeur par la concession. Cette région se situe dans la partie des hautes plaines steppiques.

Les limites du périmètre sont les suivantes :

- Au nord, il est délimité par la limite sud de la commune de Serguine.
- Au sud, il est délimité par daïet El Habara.
- À l'est, il est délimité par Oued Touil.
- À l'ouest, il est délimité par le djebel Ben Hammed.

Le périmètre d'Adjermaia se trouve à l'extrême nord du chef-lieu de la commune de Z'malet Emir Abdelkader, marquant la limite entre les trois communes de Z'malet Emir Abdelkader, Serguine et Ksar Chellala, au sud de la wilaya (BNEDER 2019).

3.1.2. Climat :

La pluviométrie de la zone est classée dans la catégorie de l'isohyète 250-300 mm. Au cours des 26 dernières années, la moyenne annuelle des précipitations s'élève à environ 257 mm, avec une durée pluvieuse moyenne de 70 jours par an. Cependant, cette quantité d'eau est insuffisante pour la plupart des cultures.

En ce qui concerne les températures, la moyenne annuelle se situe autour de 17,4 °C. La période froide s'étend de novembre à mars, avec une moyenne des températures minimales d'environ 11 °C. janvier est le mois le plus froid, avec une moyenne des températures minimales de 3,2 °C et des pointes pouvant atteindre -3,9 °C.

Le territoire de la commune est caractérisé par un quotient pluviométrique de 25, selon le calcul effectué. Cette valeur positionne la région dans l'étage bioclimatique aride à hiver frais, tel qu'indiqué sur le climagramme d'Emberger (**BNEDER 2019**).

3.1.3. Lithologie et formations superficielles :

L'essentiel du substrat de la surface du périmètre se compose de formations superficielles grésocalcaires avec souvent des débris de croûte calcaire et, par endroits, l'émergence de la roche mère.

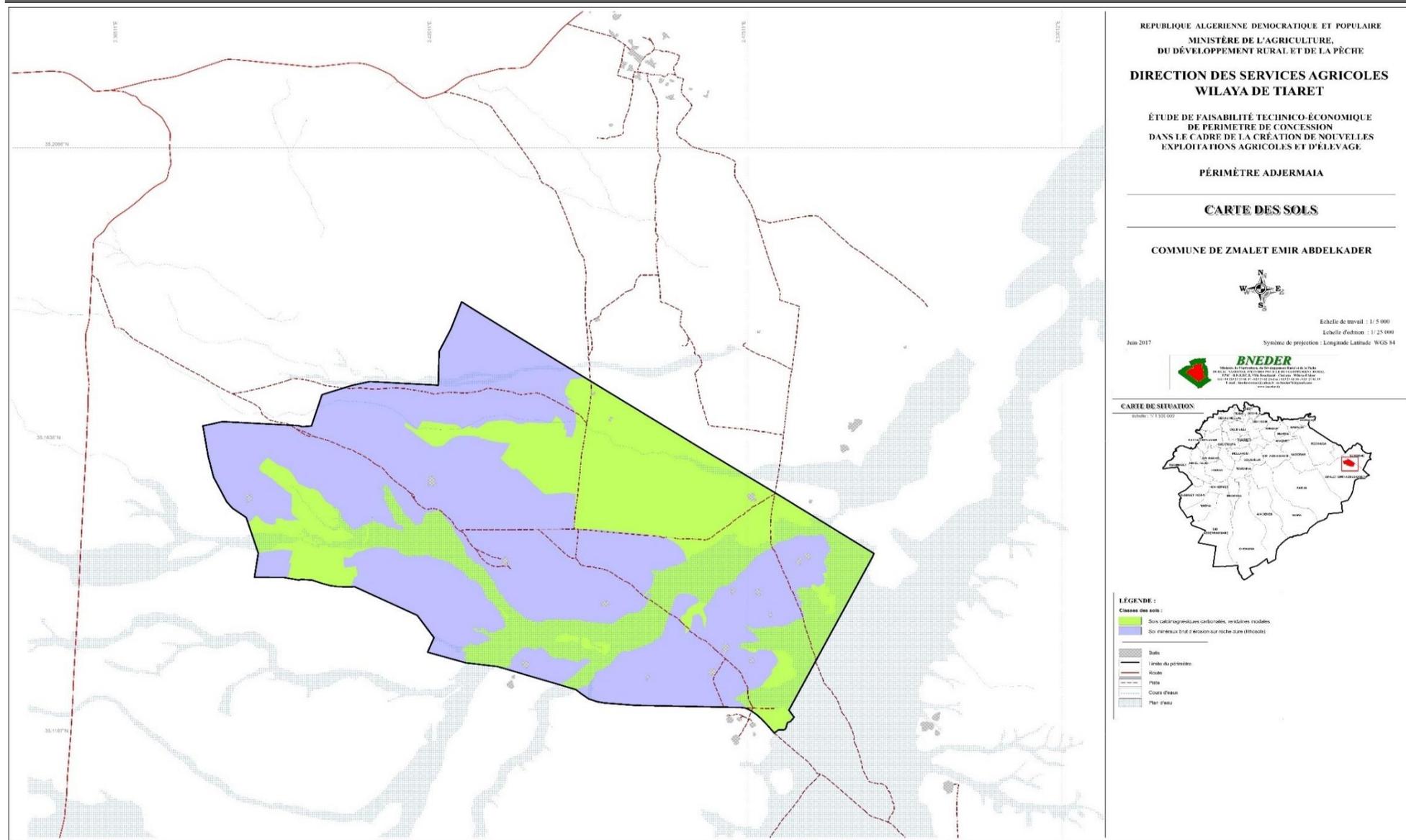


Fig. n° (59) : Carte des sols du périmètre de Adjermaia - Zmalet Emir Abdelkader – (BNEDER 2019).

3.1.4. Aptitudes culturales en irrigué par unité pédologique :

Les aptitudes culturales sont obtenues à partir des normes utilisées par l'ANRH, ont été identifiées en tenant compte des caractéristiques physico-chimiques telles que : la granulométrie, la profondeur du sol, la texture, le pH (alcalinité), le calcaire actif, le gypse, la salure (conductivité électrique), la matière organique et la fertilité chimique. Ces aptitudes culturales sont représentées dans le tableau ci-après (BNEDER 2019).

Tableau n° (29) : Aptitudes culturales en irrigué (BNEDER 2019).

Type de sols	Propriétés physico-chimiques du sol	Type de cultures	Aptitudes culturales		
			Bonne	Moyenne	A exclure
Sols Calc magnésiques carbonatés rendzines modales.	-Aspect de surface caillouteux. -Faible Profondeur (<30 cm). - Sablo-limoneux. -pH fortement alcalin -Sol non salin. -Faible teneur en MO. -Faible fertilité chimique.	Arboricultures	Olivier.	Grenadier, Pêcher, Amandier.	Le reste des espèces arboricoles
		Cultures maraîchères	Oignons, laitue,	Choux fleur,	-
			Melon	Ail, Pomme de terre, Pastèque, tomate, carotte,	

		Cultures fourragères et céréalières	Blé tendre, orge,	Blé dur, bersim, maïs, fétuque et vesce-avoine, ray-grass.	Luzerne,
		Cultures industrielles	Arachides	-	-

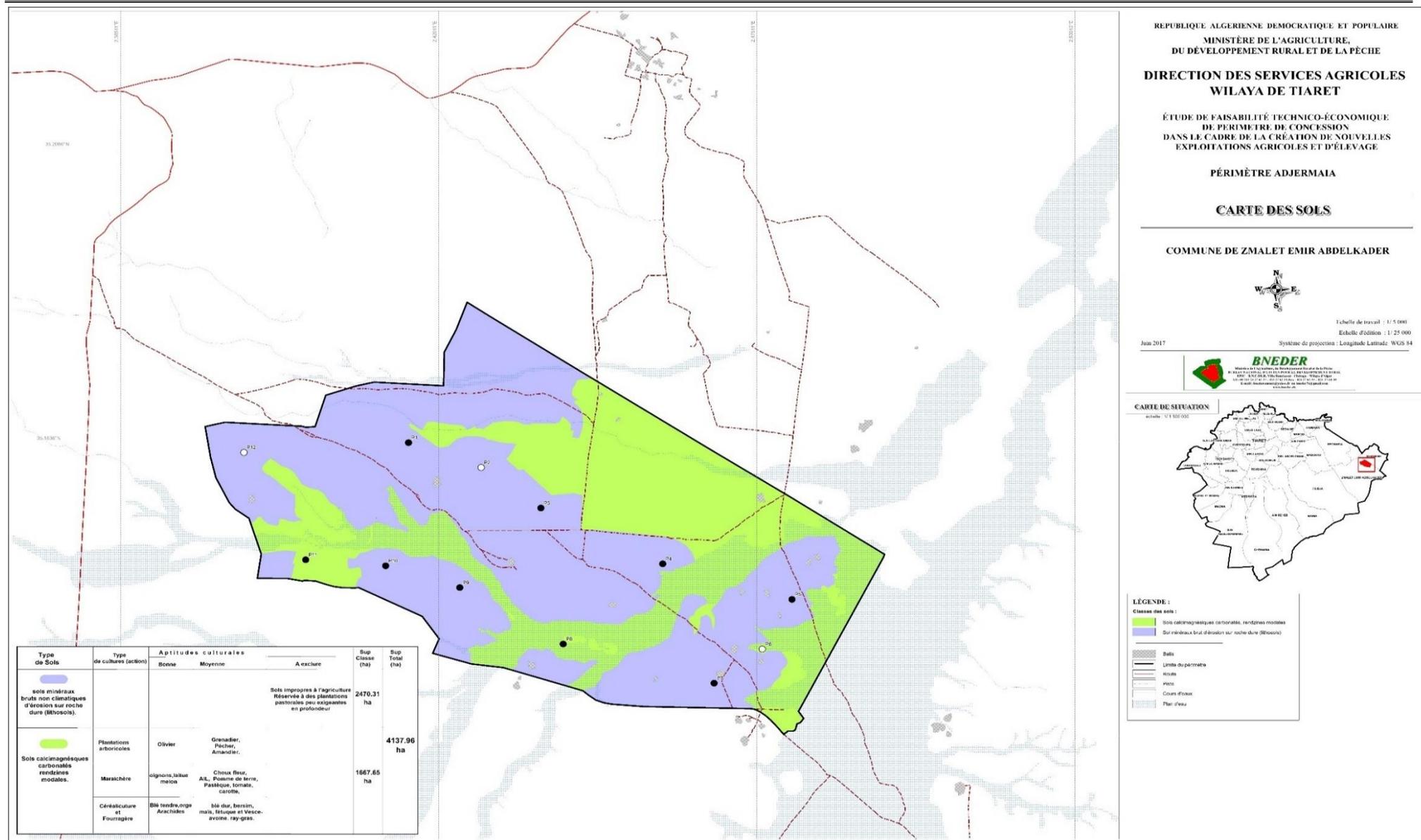


Fig. n° (60) : Carte Aptitudes culturales en irrigué au niveau du périmètre (BNEDER 2019).

3.2. Le Périmètre de AIN Deheb :

3.2.1. Identification du périmètre :

Le périmètre a été proposé pour étude par la direction des services agricoles en collaboration avec les autorités locales (l'Assemblée Populaire Communale - APC). Initialement, il couvrait une superficie de 16 830 hectares. Cependant, lors des travaux de délimitation effectués sur le terrain avec le soutien des services technico-administratifs locaux tels que la Direction des Services Agricoles, la Subdivision agricole, le cadastre et l'APC, la superficie du périmètre a été réduite à 6 933 hectares. La partie retirée correspondait à une zone de pâturage protégée par des mesures de mise en défens.

Ce périmètre se trouve dans la partie nord des hautes plaines steppiques, qui se caractérisent par leur vaste étendue et leur relief plat. Il est situé à la limite nord de ces hautes plaines, au nord-est de la wilaya de Djelfa et au nord de la wilaya de Laghouat. **(BNEDER 2019).**

3.2.2. Climat :

La pluviométrie de la zone se situe dans la plage de l'isohyète 250-300 mm. Au cours des 26 dernières années, la moyenne annuelle des précipitations a été d'environ 257 mm, avec une durée pluvieuse moyenne de 70 jours par an. Malheureusement, cette quantité d'eau est insuffisante pour la plupart des cultures.

En ce qui concerne les températures, la moyenne annuelle s'élève à environ 17,4 °C. La période froide s'étend de novembre à mars, avec une moyenne des températures minimales d'environ 11 °C. janvier est le mois le plus froid, avec une moyenne des températures minimales de 3,2 °C et des pointes pouvant descendre jusqu'à -3,9 °C.

La période des fortes chaleurs se situe entre juin et septembre, avec une moyenne des températures maximales d'environ 24 °C et des pointes atteignant près de 44,9 °C en juillet. En termes de température, la région se caractérise également par une amplitude thermique de 10,5 °C.

Le territoire de la commune est classé dans l'étage bioclimatique aride à hiver frais, selon le climagramme d'Emberger, en raison d'un quotient pluviométrique de 25, tel que calculé. **(BNEDER 2019).**

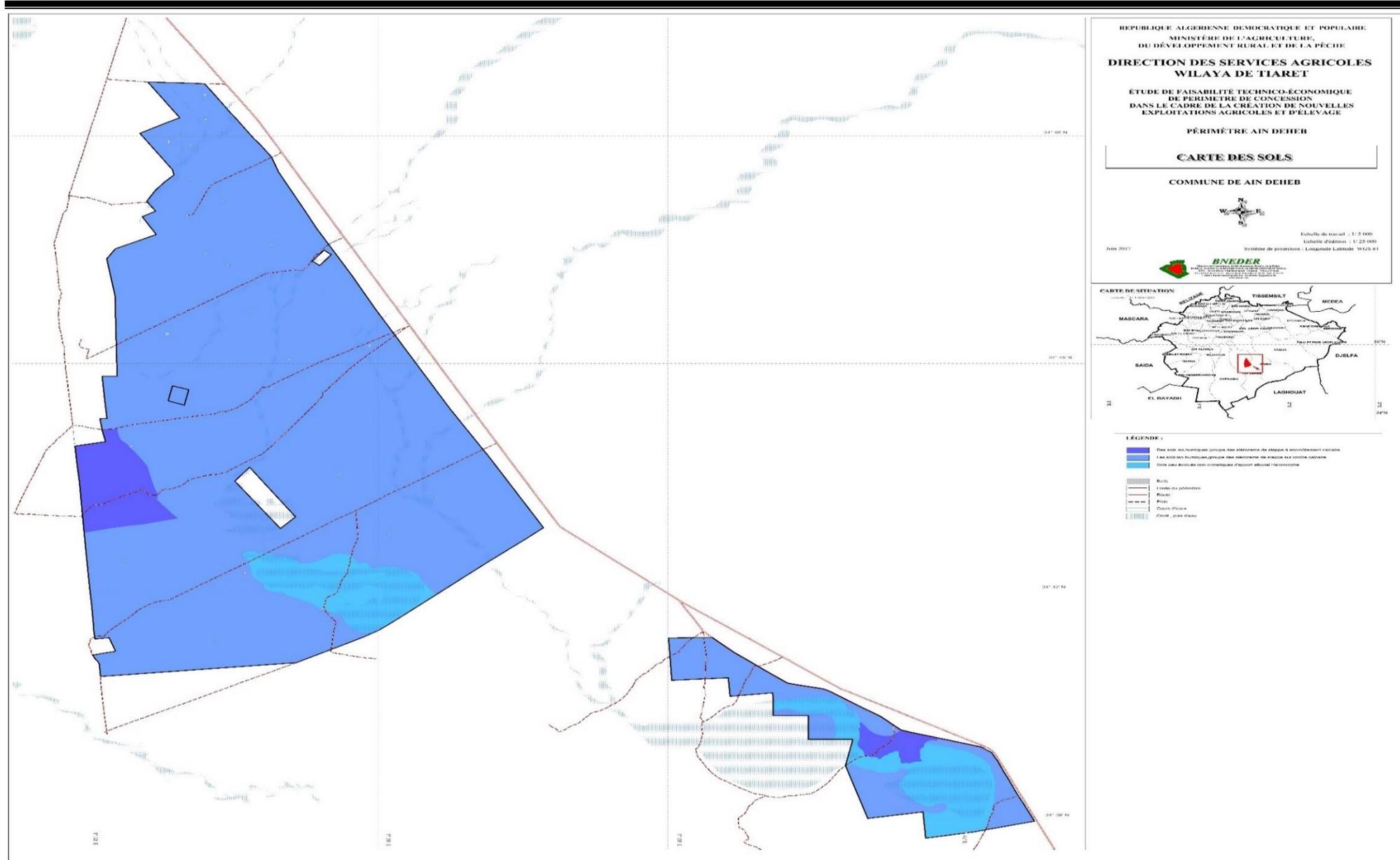


Fig. n° (61) : Carte des sols du périmètre de Ain Deheb (BNEDER 2019).

3.2.3. Aptitudes culturales en irrigué au niveau du périmètre :

Le choix des cultures à introduire sera basé sur les caractéristiques physico-chimiques des sols ainsi que les exigences spécifiques de chaque culture concernant les paramètres mentionnés. Il faudra également prendre en compte la qualité des eaux d'irrigation et, le cas échéant, les considérations économiques qui pourraient orienter ce choix.

En ce qui concerne les aptitudes culturales en irrigation par unité pédologique, il est important de noter que les cultures identifiées nécessiteront des aménagements préalables au niveau du périmètre, comme indiqué dans le tableau ci-dessous (BNEDER 2019).

Tableau n ° (30) : Aptitudes culturales par type du sol (BNEDER 2019).

Caractéristiques	Aptitude culturale		
	Bonne	Moyenne	A exclure
Unité n°01 Sols peu évolués non climatiques d'apport alluvial Halomorphe 680 Ha.	Olivier, figuier, orge, Artichaut, choux fleur, choux pommé, Luzerne, sorgho, maïs, blé dur, blé tendre, ray gras	Epinard, Carotte, Navet, laitue Ail, tomate, oignon, pomme de terre, bersim, vesce avoine, grenadier	Le reste des cultures
Unité n°02 Siérozems de steppe à encroûtement calcaire 327 Ha.	Artichaut, oignon, navet, choux fleur, choux pommé, laitue, fêtuque, vesce avoine, ray gras, blé tendre, blé dur et orge	Luzerne, bersim, sorgho, maïs, tomate, ail, aubergine, pastèque, melon, piment poivron, haricot, concombre, pois, l'olivier et figuier.	Le reste des cultures
Unité n°03 Siérozems de steppe à croûte calcaire 5895+31 Ha.		Toutes les cultures céréalières et fourragères + cultures maraichères : oignon pomme de terre, navet carotte, choux pommé, choux fleur, épinard, laitue, ail, pastèque, melon, haricot, concombre, pois	Le reste des cultures (Arboriculture est à exclure en raison du facteur profondeur)

3.3. Le Périmètre de Themed - Sidi Abderrahmane - :

3.3.1. Identification du périmètre :

Le périmètre de Themed relève du territoire de la commune de Sidi Abderrahmane. Cette dernière se situe au sud-ouest de la wilaya de Tiaret, limitée par :

- Au nord par la commune d'Ain Kermès ;
- Au sud par la commune de Rogassa et Cheguig de la wilaya d'El Bayadh ;
- A l'est par la commune de Medrissa et Chehaima.
- A l'ouest par la commune de Madna (**BNEDER 2019**).

3.3.2. Climat :

Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 365.2 mm, alors que les saisons les plus pluvieuses sont l'automne et l'hiver, avec respectivement 114.3 mm et 115.9 mm, soit 31.29% et 31.73% des précipitations annuelles. La zone appartient à l'isohyète 350 – 400 mm.

La moyenne des températures au cours de l'année est de l'ordre de 15 °C. La période froide se situe entre novembre et mars où la moyenne des minimas est autour de 8,2 °C. La période la plus chaude de l'année coïncide avec le mois de juillet qui enregistre une moyenne des maximas de 35,2 °C. En été la température maximale enregistrée est de 41,7 °C. En somme, les mois les plus froids s'étalent d'Octobre à février.

En associant la valeur du quotient (Q) à la valeur (m) sous forme graphique, Emberger classe les stations dans les étages bioclimatiques méditerranéens. Pour la station de Tiaret $Q = 37$ ce qui la place à l'Etage climatique semi-aride à hiver frais (**BNEDER 2019**).

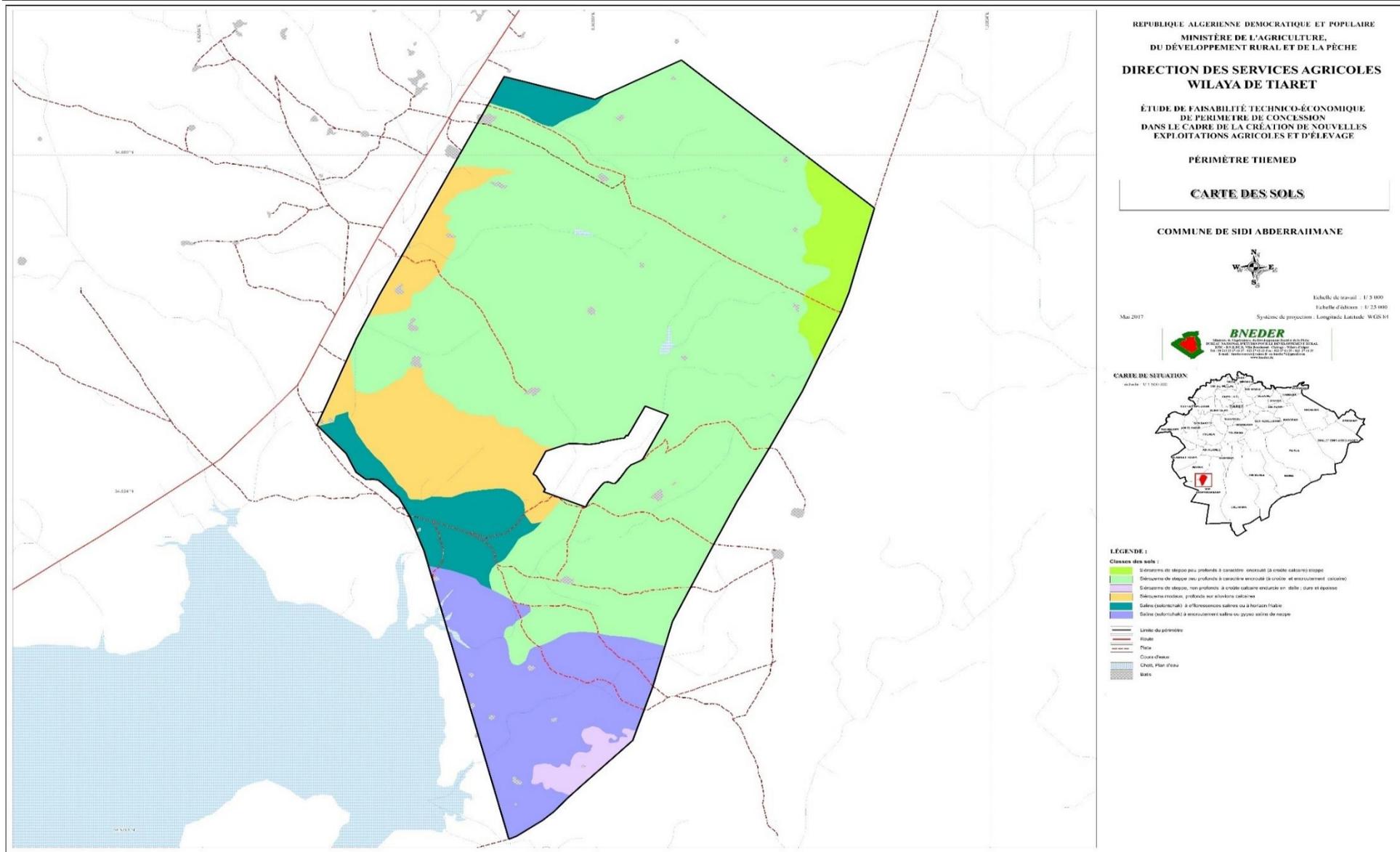


Fig. n° (63) : Carte des sols du périmètre de Themed - sidi Abderrahmane -.

3.3.3. Aptitudes culturales en irrigué au niveau du périmètre :

D'après les aptitudes culturales, les cultures dégagées ne peuvent être projetées qu'après des aménagements préalables au niveau du périmètre, indiqués dans le tableau ci -âpres.

Tableau n° (31) : Aptitudes culturales par type du sol (BNEDER 2019).

Types de sols	Degré de contraintes	Aptitude culturale		
		Bonne	Moyenne	Mauvaise
Siérozems de steppe peu profonde à caractère encroûté (à croûte et encroutement calcaire)	Contrainte assez sévère liée à la profondeur	Aucune culture	Toutes les cultures céréalières et fourragères + oignon + pomme de terre, navet, choux fleur, choux pommé, laitue, ail, pastèque, melon, haricot, concombre, pois	Le reste des cultures
Siérozems de steppe non profonde à croûte calcaire endurcie en dalle ; dure et épaisse	Très sévère contrainte liée à la profondeur (dalle)	–	–	–
Siérozems modaux profonds sur alluvions calcaires	Texture fine + forte contenance en calcaire	Bersim, sorgho, maïs, fétuque vesce avoine, ray gras, blé tendre, blé dur, orge, artichaut, oignon, chou-fleur,	Tomate, pomme de terre, ail, aubergine, pastèque, melon, piment poivron, haricot, concombre, pois,	Le reste des cultures

		choux pommé, épinard, laitue, l'olivier (chemlal)	grenadier, pistachier	
Salins (solontchak) à efflorescences salines ou à horizon friable	Salinité moyennement élevée + Texture fine	Sorgho, fétuque, ray gras et orge	Luzerne, vesce, maïs, blé tendre, blé dur, chou-fleur, choux pommé, artichaut	Le reste des cultures
Salins (solontchak) à encroutement salin ou gypso salins de nape	Salinité très élevée	Aucune culture	Orge, luzerne, vesce.	Toutes cultures sensibles aux sels
Sidéroses de steppe peu profonde à caractère encroûté (à croute calcaire)		Steppe à préserver		

La méthode de classification supervisée des images satellitaires par SVM (support vector machine) a été utilisée pour créer une carte représente les aptitudes agricoles sur une période donnée. L'analyse de cette carte permet de visualiser les cultures (blé dur, blé tendre, orge, maraichères, olivier et autre) adaptées à chaque région, en prenant en compte à la fois les exigences spécifiques de chaque culture et les caractéristiques environnementales.

4. Résultat de la classification :

La méthode de classification supervisée utilisant l'algorithme Support Vector Machine (SVM) permet de générer une carte des aptitudes agricoles en identifiant différentes classes de cultures : favorable, moyennement favorable et non favorable. Ces classes sont déterminées en fonction d'une combinaison d'exigences spécifiques et des caractéristiques environnementales.

L'algorithme SVM repose sur l'apprentissage supervisé, ce qui signifie qu'il nécessite des données d'entrée préalablement étiquetées pour entraîner le modèle. Ces données peuvent inclure des informations géospatiales telles que la topographie, la composition du sol, le climat, la disponibilité de l'eau, la fertilité, etc.

Une fois le modèle SVM entraîné, il peut être utilisé pour prédire les aptitudes agricoles de nouvelles zones en fonction de leurs caractéristiques environnementales. La carte résultante fournit une indication des cultures qui seraient favorables, moyennement favorables ou non favorables à ces zones spécifiques.

Il est important de noter que la précision de la carte des aptitudes agricoles dépend de la qualité des données utilisées pour l'entraînement du modèle SVM. Des données précises, représentatives et actualisées sont essentielles pour obtenir des résultats fiables et utiles.

Cette approche basée sur l'algorithme SVM peut être très utile pour les décideurs agricoles, les planificateurs d'utilisation des terres et les agriculteurs, car elle leur permet de prendre des décisions éclairées sur la sélection des cultures appropriées en fonction des caractéristiques spécifiques de chaque zone. Cela peut contribuer à une utilisation plus efficace des ressources et à une planification agricole plus durable.

4.1. Détermination des classes :

Après avoir effectué une classification supervisée, nous avons identifié les classes de cultures suivantes en fonction des caractéristiques analysées :

4.1.1. Agro-foresterie :

L'aptitude agro-forestière désigne les zones où la croissance simultanée de cultures agricoles et d'arbres forestiers est favorisée

Aptitude agro-forestière peut présenter des avantages significatifs, car elle permet d'exploiter de manière synergique les avantages de l'agriculture et de la foresterie. Les cultures agricoles peuvent fournir une source de nourriture et de revenus, tandis que les arbres forestiers peuvent offrir des avantages tels que la conservation des sols, la protection de la biodiversité, la régulation de l'eau et la production de bois.

Il est également important de noter que certaines zones de la wilaya de Tiaret peuvent être affectées par une sécheresse légère. Cela indique que ces zones peuvent connaître des niveaux légèrement inférieurs de précipitations ou d'humidité, ce qui peut avoir un impact sur la disponibilité en eau pour les cultures et les arbres. La sécheresse légère peut présenter des défis supplémentaires pour les activités agricoles, nécessitant des pratiques de gestion appropriées pour faire face à cette situation.

4.1.2. Blé dur :

On constate que le blé dur prédomine dans les régions du nord de Tiaret, en particulier dans la région de Rahouia, Oued lili, Mechraa-sfa et Guertoufa. Cette dominance s'explique par les conditions favorables qui y sont présentes. En effet, le degré de sécheresse dans la partie nord est relativement faible, ce qui n'affecte pas le développement de la plante de blé dur. De plus, le taux de précipitation y est élevé, ce qui constitue un avantage supplémentaire pour cette culture. Enfin, les caractéristiques du sol sont également propices à la culture du blé dur dans cette région.

4.1.3. Blé tendre :

Nous constatons que le blé tendre prédomine dans les zones des hauts plateaux de la région de Tiaret, en particulier dans la région de Frenda, Ain Hdid, Medroussa et Tousnina. Cela s'explique par les exigences spécifiques de cette culture et les conditions favorables qui y sont présentes. En effet, le blé tendre nécessite des températures qui sont proportionnelles à ses différentes étapes de développement, ce qui est satisfait dans cette région. De plus, le taux de précipitation modéré dans ces régions constitue un avantage supplémentaire pour cette culture. Enfin, les propriétés du sol dans ces zones sont également adaptées à la culture du blé tendre.

4.1.4. Orge :

On observe une prédominance de la culture de l'orge dans les régions méridionales et les hautes plaines de l'état de Tiaret. Cette prédominance s'explique par la satisfaction des exigences spécifiques de cette culture, en particulier une température élevée qui favorise son développement. Malgré le fait que les régions connaissent un degré de sécheresse sévère, d'après la carte des indices de sécheresse de Palmer, l'orge est une plante qui est bien adaptée à la sécheresse et peut prospérer même dans des conditions arides.

4.1.5. Pomme de terre :

On observe la présence de la culture de la pomme de terre dans les hautes plaines, telles que Tousnina, Sebaine, Sidi Abdelghani, Faidja, ainsi que dans certaines régions du nord, telles que Dahmouni, Rechaiga, et au sud de la région de Chhaima et Sidi Abderrahmane. Cette présence s'explique par la capacité de la pomme de terre à supporter des températures basses et à s'adapter aux régions touchées par le gel. De plus, la pomme de terre est une culture qui s'adapte à différents types de sols.

La pomme de terre est connue pour sa capacité à tolérer des températures relativement basses, ce qui lui permet de prospérer dans les régions où les hivers sont froids. Les variétés de pommes de terre sélectionnées pour ces régions sont généralement adaptées aux températures froides et sont capables de résister au gel.

De plus, la pomme de terre est une plante adaptable qui peut croître dans différents types de sols. Elle peut s'adapter à des sols sableux, limoneux ou argileux, à condition qu'ils offrent un bon drainage et une bonne aération pour les racines. Cependant, il convient de noter que certaines variétés peuvent préférer des types de sols spécifiques en fonction de leurs besoins en nutrition et de leur structure racinaire.

En résumé, la présence de la culture de la pomme de terre dans les hautes plaines et certaines régions du nord et du sud de la région de Tiaret s'explique par sa capacité à supporter des températures basses, à s'adapter aux régions touchées par le gel et à s'adapter à différents types de sols.

4.1.5. Oignon :

Nous constatons que les oignons préfèrent les zones situées dans les régions du nord, telles que Mechraa-sfa, Tegdemt, Sidi Bakhti, Ain Hdid, Frenda, ainsi que dans les régions des hautes

plaines, comme Nadorah et Sidi Abdelghani. Cela s'explique par le fait que ces régions offrent des conditions propices à la culture de l'oignon.

Les oignons ont une préférence pour des températures modérées. Ils se développent généralement mieux dans des climats où les températures ne sont ni trop chaudes ni trop froides. Les régions du nord et des hautes plaines offrent souvent des températures modérées qui sont adaptées à la croissance optimale des oignons.

De plus, les zones avec des forêts dans ces régions peuvent fournir un ombrage partiel, ce qui peut aider à atténuer les températures élevées et à créer un environnement plus propice pour les oignons. L'ombrage partiel peut également contribuer à maintenir une humidité relative plus élevée, ce qui est bénéfique pour la culture de l'oignon.

4.1.6. Arboriculture-fruitière :

On observe que l'arboriculture fruitière se propage dans les régions du nord-est, notamment dans les régions de Mghila, Sidi Hosni, Sebaine et Mahdia. De plus, on retrouve également cette pratique dans certaines régions des hautes plaines, comme la région de Rechaiga, Takhmaret, Djebilet Rosfa et Ksar Chellala.

Cette propagation de l'arboriculture fruitière dans ces régions s'explique par plusieurs facteurs. Tout d'abord, ces régions offrent des conditions climatiques propices à la culture des arbres fruitiers. Elles bénéficient d'un climat adapté, avec des températures modérées et des précipitations suffisantes pour soutenir la croissance des arbres fruitiers.

De plus, ces régions peuvent présenter des sols appropriés pour la culture fruitière. Les sols bien drainés, riches en matière organique et équilibrés en termes de pH peuvent favoriser une bonne croissance des arbres et une absorption optimale des nutriments.

5. La pertinence de la classification par L'indice de kappa :

La pertinence de la classification : Le coefficient de kappa présente une valeur légèrement inférieure à la précision totale. Dos Santos (2001) ajoute que ce coefficient exprime le taux d'erreurs à éviter et qui pourraient être obtenus lors de l'analyse des données. Dans notre cas, les valeurs estimées du coefficient de kappa sont de 99,96%. Il convient de noter que la valeur critique de ce coefficient, au-delà de laquelle une classification est considérée comme excellente et très fiable, est atteinte. Par conséquent, nous pouvons affirmer qu'il existe une très bonne correspondance entre les données et la classification effectuée par télédétection.

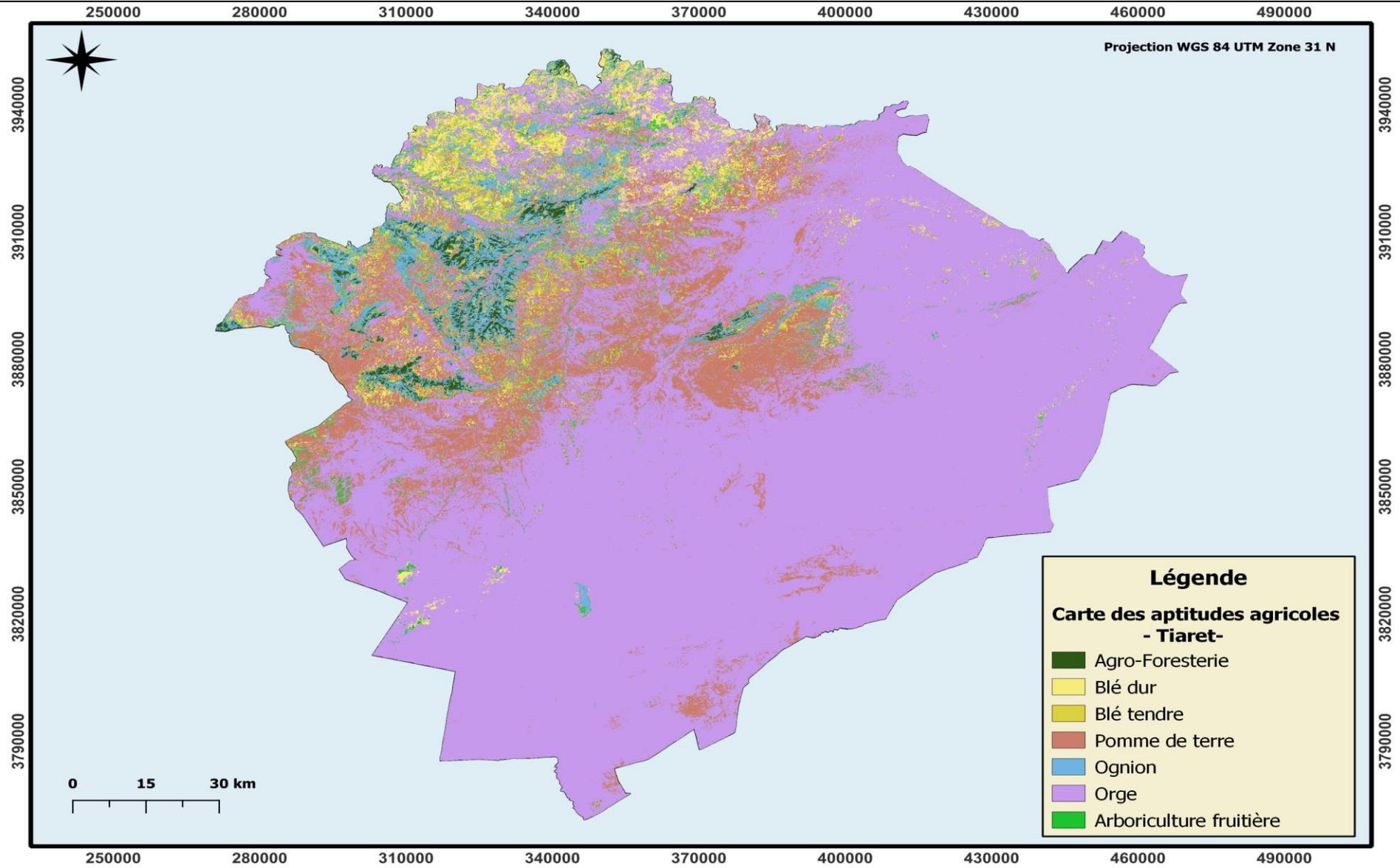


Fig. n° (65) : Carte des aptitudes agricoles dans la région de Tiaret. (M. Belfali et B. Cherik 2023).

6. Comparaison des résultats :

Après avoir examiné la compatibilité entre la carte que nous avons obtenue et les études, nous sommes parvenus à une conclusion. L'étude menée sur le périmètre d'Ajeramai dans la région de Zmalet Emir Abdelkader a révélé que la culture appropriée pour cette zone est l'orge, tandis qu'aucune présence de blé tendre n'a été observée, contrairement à ce qui avait été précédemment indiqué. De plus, la moyenne pour cette région est le blé dur, ce qui concorde avec les résultats de l'étude réalisée par BNEDER. Cependant, des précisions supplémentaires sont nécessaires.

Concernant le périmètre d'Ain Dheb, les résultats sont conformes à nos attentes. Nous avons constaté que cet environnement est propice à la culture de l'orge et est moyennement favorable à la culture de pommes de terre.

En ce qui concerne le périmètre de Themed dans la région de Sidi Abderrahmane, nos résultats sont en partie concluants. La culture appropriée pour cette zone est l'orge, tandis que la culture de la pomme de terre est considérée comme moyenne, avec une présence d'arboriculture fruitière. Toutefois, des éléments restent à préciser.

Il est devenu clair que la majorité des résultats obtenus par la conservation de forêt réalisé par le bureau national d'étude pour le développement rural ne peuvent pas être considérés comme corrects avec une grande précision, et en même temps nous ne pouvons pas dire qu'ils sont faux. Cette observation met en évidence la répartition irrégulière et non étudiée des cultures au sein de la zone d'étude. En conséquence, le sol subit une dégradation progressive, ce qui a des répercussions négatives sur les performances des cultures, tant en termes de quantité que de qualité.

L'inexactitude des rapports sur les cultures indique probablement une mauvaise gestion des données agricoles, une surveillance inadéquate des conditions du sol et une planification agricole inadéquate. Ces facteurs contribuent à la répartition inégale des cultures, car certaines zones peuvent être surexploitées tandis que d'autres restent sous-utilisées.

Le résultat direct de cette répartition inégale est la détérioration de l'état du sol. Un sol trop récolté peut perdre sa fertilité et sa structure naturelles, réduisant ainsi sa capacité à fournir les nutriments dont les cultures ont besoin. D'autre part, les zones non développées peuvent souffrir de l'accumulation de mauvaises herbes, de ravageurs ou d'autres problèmes qui nuisent à la croissance des cultures.

En raison de cette répartition inéquitable des cultures et de la dégradation des sols qui en résulte, les récoltes sont affectées tant en quantité qu'en qualité. Les rendements sont susceptibles d'être inférieurs à leur potentiel optimal dans les zones surexploitées, tandis que les zones inexploitées peuvent ne produire aucun rendement. De plus, les cultures peuvent être plus sensibles aux maladies et aux ravageurs en raison de sols pauvres, ce qui se traduit par des produits agricoles de moindre qualité.

Pour remédier à cette situation, il est nécessaire de mettre en place une gestion agricole plus rigoureuse et de planifier la répartition des cultures de manière plus équilibrée. Cela nécessite une collecte précise des données agricoles, un suivi régulier des conditions du sol et une utilisation efficace des ressources disponibles. En améliorant la gestion des cultures, il est possible de restaurer la santé des sols et d'améliorer les rendements agricoles, contribuant ainsi à une augmentation de la quantité et de la qualité des cultures.

7. Conclusion :

Après avoir analysé de nombreuses données sur les cultures dans la région de Tiaret, nous pouvons constater ce qui suit :

1. Les cultures dans la région ne sont pas présentes dans les environnements exacts et favorables. Cela indique que les conditions nécessaires au développement des cultures ne sont pas réunies de manière optimale. Il est important de prendre en compte les facteurs tels que le climat, le type de sol et d'autres variables afin de déterminer les zones les plus appropriées pour chaque culture spécifique.
2. Les statistiques de la Direction Agricole de la wilaya de Tiaret ne sont pas totalement précises, ce qui témoigne d'un manque de gestion précise. Il est essentiel d'améliorer la collecte, l'analyse et la gestion des données agricoles afin de disposer d'informations précises et fiables pour orienter les décisions et les actions dans le secteur agricole.
3. Notre étude révèle que les cultures céréalières telles que le blé dur et le blé tendre se propagent principalement dans les régions du nord, tandis que l'orge s'adapte aux régions du sud caractérisé par une sécheresse sévère. Les cultures maraîchères telles que la pomme de terre se trouvent principalement dans les hautes plaines, tandis que l'oignon est principalement cultivé dans les régions agro-forestières. L'arboriculture fruitière, quant à elle, est plus adaptée aux régions du

nord-est. Cette étude permet d'aider les agriculteurs à choisir les cultures appropriées pour leurs parcelles, ce qui contribue au succès de l'agriculture dans la région.

Grâce à une meilleure compréhension des conditions environnementales et des recommandations spécifiques pour chaque culture, les agriculteurs peuvent optimiser leurs pratiques agricoles. Cela permet de développer le secteur agricole à la fois au niveau local et national, contribuant ainsi à l'atteinte de l'autosuffisance alimentaire. En promouvant une agriculture adaptée aux spécificités de chaque région, il est possible d'exploiter au mieux les ressources disponibles et de favoriser une croissance durable du secteur agricole.

CONCLUSION

GÉNÉRALE

En conclusion, la cartographie des aptitudes agricoles dans la région de Tiaret par le biais de la télédétection et de l'apprentissage automatique offre une approche prometteuse pour optimiser l'agriculture dans la région. En utilisant des techniques avancées de collecte de données à distance et d'analyse automatique, il est possible d'obtenir une vision claire des conditions environnementales et de déterminer les zones les plus propices à certaines cultures.

Cette approche permet de mieux comprendre les caractéristiques du sol, les variations climatiques, les contraintes hydrologiques et autres facteurs pertinents pour l'agriculture. Grâce à la collecte de données précises et à leur analyse par des algorithmes d'apprentissage automatique, il devient possible de générer des cartes détaillées des aptitudes agricoles de la région.

La télédétection joue un rôle essentiel dans l'agriculture, notamment dans la cartographie des aptitudes agricoles. Elle permet d'obtenir des informations précieuses sur les caractéristiques physiques, biologiques et chimiques des terres agricoles à grande échelle, de manière non intrusive et continue.

En utilisant des capteurs à distance tels que les satellites, les avions ou les drones, la télédétection permet de collecter des données sur les cultures, le sol, la végétation, la topographie, le climat et d'autres paramètres. Ces données peuvent ensuite être traitées et analysées pour générer des cartes des aptitudes agricoles.

Les cartes des aptitudes agricoles fournissent des informations détaillées sur la fertilité des sols, la disponibilité de l'eau, les conditions climatiques, les risques de maladies et de ravageurs, ainsi que d'autres facteurs clés qui influent sur le rendement et la qualité des cultures. Elles permettent aux agriculteurs, aux planificateurs agricoles et aux décideurs de prendre des décisions éclairées en matière de gestion des terres agricoles.

Grâce à la télédétection, il est possible de surveiller et de cartographier les changements dans les paysages agricoles au fil du temps. Cela permet de détecter les problèmes potentiels, tels que la dégradation des sols, la salinisation, l'érosion ou la déforestation, et de prendre des mesures correctives appropriées.

De plus, la télédétection permet une évaluation plus rapide et plus précise des étendues de terres agricoles, ce qui est particulièrement utile dans les régions vastes ou difficiles d'accès. Elle offre également une vue d'ensemble des conditions agricoles à l'échelle régionale ou nationale, ce qui facilite la planification stratégique et la prise de décisions en matière de politiques agricoles.

En résumé, la télédétection joue un rôle crucial dans l'agriculture en fournissant des données objectives et en temps réel sur les caractéristiques des terres agricoles. Elle permet de générer des cartes des aptitudes agricoles qui aident les agriculteurs à optimiser leurs pratiques, à gérer efficacement les ressources, à minimiser les risques et à améliorer la productivité agricole de manière durable. Ces cartes peuvent servir de guide essentiel aux agriculteurs et aux planificateurs agricoles pour prendre des décisions éclairées sur les cultures à implanter dans chaque zone. Les agriculteurs peuvent ainsi choisir les cultures appropriées en fonction des conditions spécifiques de chaque parcelle de terre, ce qui conduit à une utilisation plus efficace des ressources disponibles et à une augmentation de la productivité agricole.

De plus, la cartographie des aptitudes agricoles par télédétection et apprentissage automatique facilite la planification à long terme du développement agricole dans la région. Les décideurs peuvent utiliser ces informations pour identifier les zones à fort potentiel et prendre des mesures pour améliorer les infrastructures agricoles, fournir un soutien technique et promouvoir des pratiques agricoles durables.

En fin de compte, la combinaison de la télédétection et de l'apprentissage automatique offre une approche innovante et efficace pour la cartographie des aptitudes agricoles. Elle permet d'optimiser l'utilisation des terres agricoles, d'augmenter les rendements, de réduire les risques environnementaux et de contribuer au développement durable du secteur agricole dans la région de Tiaret.

RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

A :

- **A. Abdelbaki (2012) :** Utilisation des SIG et télédétection dans l'étude de la dynamique du couvert végétal dans le sous bassin versant d'oued Bouguedfine. Thèse de mémoire de master. Université hasiba ben bouali Chlef (Wilaya de Chlef). P 12-15.
- **A. Abekhti (2017) :** Evolution du concept de la sécurité alimentaire et l'importance de l'intégration du bien-être du citoyen dans les systèmes alimentaires. Thèse de doctorat. Université Ahmed Dray Adrar. P 13-17.
- **A. Benarab (2009) :** Les Aspirations du NIPAD. Clemens Breisinger 2010 Food security and economic development in the Middle East and North Africa.
- **A. BENHAFID (1997) :** Etude préliminaire de la bioécologie de l'Aleurode du tabac Bemisia tabaci Gen. (Homoptéra, Aleyrodidae) en serre de piment et de poivron de la région du Sud-est Algérienne. Batna (Ain Ben Naoui). P41.
- **A. BENS Aid (2006) :** SIG et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone semi-aride : (le cas de la wilaya de NAAMA- Algérie). Thèse de doctorat. Université JOSEPH FOURIER-GRENOBLE 1. P 175-209.
- **A. Bentouati (2006) :** Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (Pinus halepensis M.) du massif de Ouled Yagoub (Khenchela-Aurès). Université El hadj Lakhdar-Batna. P 16.
- **A. Habba et O. Ishak (2019) :** La classification des images satellitaires par l'apprentissage profond (deep leaning. Thèse de mémoire. Université Ahmed draia Adrar P 4-16.
- **A. Knight (2005):** Global environmental threats: can the security council protect our earth. New York. University law review, 1550.
- **A. Masse (2013) :** Développement et automatisation de méthodes de classification à partir de séries temporelles d'images de télédétection - Application aux changements d'occupation des sols et à l'estimation du bilan carbone. Université Paul Sabatier - III. P 42.
- **A. Moquet (2003) :** Apports de la télédétection pour la cartographie d'habitats terrestres en zones humides méditerranéennes, application aux habitats de la Réserve Nationale de

Camargue. PFE d'Ingénieur Agronome. École Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires. Nancy.P 64.

- **A. REKIS (2012)** : Etude spatio- temporelle diachronique des changements par l'indice de végétation dans la région de Tolga Approche cartographique par télédétection. Université Mohamed Khider Biskra. P 24.
- **A. Souqi Ahmed (2009)** : Biotechnologie environnementale - Maison d'édition Dar Al-Sahab - Le Caire – P 137.
- **A. Yeshe, P.H. Gourkhede and P.H. Vaidya (2022)**: Application Remote Sensing (RS) and Geographical Information System (GIS) in Agriculture. P 248.
- **A. Zalmoud (2007)** - Facteurs actifs du développement agricole durable - Première édition - Centre d'études sur l'unité arabe - Beyrouth- p. 284.
- **A. Ziani (2021)** : Contribution à la cartographie du couvert végétal de la région de Tiaret-Tisse silt. Thèse de mémoire de master. UNIVERSITE de TLEMCEM P 25.
- **Abbassi (2009)** : Développement de modèles de fusion et de classification contextuelle d'images satellitaires par la théorie de l'évidence et la théorie du raisonnement plausible et paradoxal. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene. P 6-7.

B :

- **B. Branger (2009)** : Accord entre observateurs : indice kappa de Cohen. Octobre 2009. P 1.
- **B. Erickson, D. Widmar (2015)**: Precision Agricultural Services Dealership Survey Results. West Lafayette, Department of Agricultural Economics/Department of Agronomy, Purdue University.
- **B. Kadiata (2010)** : Sylviculture et Agroforesterie, notes de cours G3 Foresterie, FACAGRO/ UNIKIN, inédit.
- **B. Moreau, J. BOHEC et B. GUERBER-CAHUZAC (1996)** : L'oignon de garde. Monographie. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, Paris, France, P 320.
- **B. Oualhi et I. Djaidja (2020)** : Prévion de la sécheresse par les modelés statistiques application sur le bassin versant d'oued ksab. Thèse de mémoire. Université Mohamed Boudiaf. Msila. P 44.

- **B.L. Rhoads (2004)** : Whether physical geography. *Annals of the Association of American Geographers*, 94(4), P 748-755.
- **BNEDER (2019)** : Etude de faisabilité technico économique de mise en valeur des terres par la concession : Périmètre Adjermaia - Commune de Zmalet Emir Abdelkader - Wilaya de Tiaret. P 7-22
- **BNEDER (2019)** : Etude de faisabilité technico économique de mise en valeur des terres par la concession Périmètre Ain Deheb - Commune de Ain-Deheb - Wilaya de Tiaret. P 3-27.
- **BNEDER (2019)** : Etude de faisabilité technico économique de mise en valeur des terres par la concession : Périmètre Themed Commune Sidi Abderrahmane - Wilaya de Tiaret. P 6-33.
- **BNEDER** : Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural., 2009. Inventaire Forestier National. Rapport d'étude 21.

C :

- **C. Atzberger (2013)**: *Advances in Remote Sensing of Agriculture: Context Description, Existing Operational Monitoring Systems and Major Information Needs*. *Remote Sens* 5(2): P 949-981.
- **C. Ben Khalfallah (2019)** : Caractérisation de la dynamique des oasis de Djérid (Tunisie) par télédétection. Université Montpellier ; Université de Tunis El Manar. P 23-24.
- **C. Berton, F. Medial, C. Pinatel, A. Berville (2006)** : De l'olivier à l'oléastre.
- **C. Doré (2006)**. Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Editions Quae, P 817.
- **C. Joshi, J. Leeuw, I. Duren (2002)**. *Remote Sensing and GIS Applications*, (Graph 1).
- **C. Moule (1972)** : Plantes sarclées et déverses. J-B. Ballière et Fils, Editeur,
- **C. Torrez, N. Miller, S. Ramsey, T. Griffin (2016)**: Factors Influencing the Adoption of Precision Agriculture Technologies by Kansas Farmers. Kansas State University Department of Agricultural Economics Extension, Publication KSU-AgEcon-CT-NM-SR-TG-2016.1, 2016. Internet site: <https://www.agmanager.info/kfma/research-articles/factors-influencing-adoption-precision-agricultural-technologies-Kansas>.

- **C. YÜKSEL, F. MUTAF, İ. DEMIRTAŞ, G. ÖZTÜRK, M. PEKTAŞ et A. ERGÜL (2013)**. Characterization of Anatolian traditional quince cultivars, based on microsatellite markers. *Genet Mol Res.* Nov 22; 12(4): 5880-8.
- **C.F.T.** Conservation des Forêts de la wilaya de Tiaret. (2014) : Rapport annuel sur l'état des forets de la wilaya de Tiaret.
- **CCT (2015)** : Notions fondamentales de télédétection. Centre canadien de télédétection. P 5-6, 180, 188, 163.
- **CH. Brahim et M. Dali Yahia (2021)** : Pilotage autonome d'un Drone pour la génération de carte en fonction du NDVI d'un champ agricole. Thèse de mémoire. Université Abou Bekr Bel Kaid. Tlemcen. P 8.
- **Conseil Oléicole International (COI. 2007)** : Données statistiques sur la production mondiale de l'olivier.

D :

- **D. Schimmelpfennig, R. Ebel (2016)**: Sequential Adoption and Cost Savings from Precision Agriculture.” *Journal of Agricultural and Resource Economics.* P 97-115.
- **D. Soltner (2005)** : Les grandes productions végétales, 20ème édition, collection des sciences et techniques agricoles. P 245.
- **D. Urbani (2006)** : Elaboration d'une approche hybride SMA-SIG pour la définition d'un système d'aide à la décision ; application à la gestion de l'eau. Université de Corse – Pasquale paoli ufr sciences et techniques. P 46-49.
- **DJ. Benatallah, A. Debagh (2013)** : Réalisation d'un système d'information géographique (S.I.G) pour les forages d'alimentation en eau potable (A.E.P) à travers la wilaya d'Adrar. Thèse de mémoire master. Université Africaine Ahmed Drain Adrar. P 6-7.
- **Dj. Mokadem (2018)** : Image Mining : application aux images de télédétection. Thèse de doctorat. Université Djilali liables. SIDI BEL ABBÈS. P 12-18.
- **DREW (2015)** : Direction des Ressources en Eau de la wilaya., 2015. Rapport sur l'état des ressources en eau de la wilaya de Tiaret.
- **DSA (2013)** : Direction des Services Agricole de la wilaya de Tiaret. Fascicule des statistiques agricoles de la wilaya de Tiaret.

E :

- **E. Amouzou (2007) :** Population et développement : problématique du bien-être des communautés rurales et difficultés d'accès aux ressources alimentaires. Revue du CAMES - Nouvelle Série B, Vol. 009 N° 2.
- **E. ORHAN, G. NARDEMIR, G. AGAR et S. ERCISLI (2014).** Genetic variation among quince (*Cydonia oblonga* Mill.) genotypes sampled from the Coruh valley in Turkey. Genet Mol Res. Jan 21; 13(1): 9-445.
- **EPRS STOA (2016) :** L'agriculture de précision et l'avenir de l'agriculture en Europe Étude de prospective scientifique. P 4.
- **ESA (2015) :** Sentinel-2 User Handbook. Standard Document. P 9.
- **ESRI (2018) :** Tout savoir sur les Systèmes d'Information Géographique. Available at:<https://www.esrifrance.fr/>.

F :

- **F. BOUFENAR-ZAGHOUE et O. ZAGHOUE (2006).** Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine). 1ere édition. Institut technique des grandes cultures ITGC-ICARDA, El-Harrach Algérie 154.
- **F. Kabîr (2001) :** Diagnostic agro-écologique et application d'une méthode de zonage pour l'aménagement agricole d'une région céréalière (cas de la partie Nord de la Wilaya de Tiaret). Univ. Tiaret. P 90.
- **F. Lokort (2008) :** La nécessité d'aménager les zones rurales pour un développement séculaire équilibré - Forum national sur le développement local en Algérie, réalités et perspectives - Centre universitaire Bordj Bou Arreridj- .P 8-9.
- **F. Masitoh ET A.N Rusydi (2019):** Vegetation Health Index (VHI) analysis during drought season in Brantas Watershed. Department of Geography, Faculty of Social Science, State University of Malang, 5 Semarang Road. Malang City, 65145 East Java, Indonesia and Department of Information System, Faculty of Computer Science, University of Brawijaya, 8 Veteran Road, Malang City, 65145 East Java, Indonesia. P 1-11.
- **F.N Kogan (1995):** Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. Advances in Space Research, 15(11): P 91-100.

- **F.N. Kogan (1995):** Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Advances in Space Research*, 15(11): P 91-100.
- **FAO (2022) :** L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde (2022). | FAO | Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- **FAO (2008) :** Introduction aux concepts de la sécurité alimentaire. P 1_3.
- **FAO (2017) :** L'état de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde. Renforcer la résilience par parvenir à la paix et à la sécurité alimentaire. Rome. P 40.
- **FIDA (1988) Le Fonds monétaire international pour le développement agricole) :** Pris recherche économique et administrative, cinquième numéro, juin 2009, le thème de l'environnement, de l'agriculture durable et des produits génétiquement modifiés, Dr. Zagheib Malika et A. Kamari Zina) sur le site : [www.univ 08/12/2012-biskra.dz/rem/Revue_05/-%20article%20%2006.pdf](http://www.univ-biskra.dz/rem/Revue_05/-%20article%20%2006.pdf).

G :

- **G. Allard et les autres (1999) :** L'agriculture biologique face à son développement les enjeux futures – édition INRA – Lyon – France – P42. _
- **G. Burnie, S. Forrester, D. Greig, S. Guest, M. Harmony, S. Hobley, G. Jackson, P. Lavarack, M. Ledgett, J. Silk et al., (2003) :** *Botanica : Encyclopédie de botanique et d'horticulture*, Plus de 10000 plantes du monde entier, Ed. Place des victoires, Paris, Random House Australia.
- **G. Grenier (2018) :** Agriculture de précision les nouvelles technologies au service d'une agriculture écologiquement France agricole EDS. P 5.
- **G. Konecny (2003):** *Geofomation: remote sensing, photogrammetry, and geographic information systems*. Deuxième édition. Taylor & Francis.
- **Giove et S. Abis (2007) :** Place de la Méditerranée dans la production mondiale de fruits et légumes. Les notes d'analyse du CIHEAM N=°23. Paris. P 1-22.
- **GJ. Schumann, GR. Brakenridge, AJ. Kettner, R. Kashif, E. Niebuhr (2018):** Assisting Flood Disaster Response with Earth Observation Data and Products: A Critical Assessment. *Remote Sens* 10(8). P 1-19.

H :

- **H. Amir Mokhtar (2010)** : conception d'un système hybride entre le méta heuristique électromagnétique et l'algorithme de la colonie de fourmis pour la classification des images satellitaires, mémoire de fin d'étude. Université des sciences et de la technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, Oran, Algérie.
- **H. Benouis et K. Derradj (2015)** : L'impact des prix semences de la pomme de terre sur le prix de vente : Cas de la Wilaya de Tiaret. Thèse Master 2 « Agricultures méditerranéennes », Université Ibn Khaldoun, Tiaret. P 55.
- **H. BOULAL, O. ZAGHOUANE, M. EL MOURID et S. REZGUI (2007)** : Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blés et orges) dans le Maghreb (Algérie, Maroc et Tunisie). Co-edition ITGC/INRA/ICARDA, Algérie, P 176.
- **H. Boulenouar (2016)** : Contribution à l'étude de l'impact des pratiques agroforestières sur le développement durable de la zone rurale d'Oued Lili (W. de Tiaret). Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem. P 20-30.
- **H. Chadli (2017)** : Apports des ontologies à l'analyse exploratoire des images satellitaires », Thèse de Doctorat, Université de Montpellier, France.
- **H. GHOLGHOLAB (1961)**: Ghiah (in Farsi). Tehran: Tehran University Press.
- **H. Hannachi, M. M'sallem, S. Benalhadj et M. El-Gazzah (2007)** : Influence du site géographique sur les potentialités agronomiques et technologiques de l'olivier (*Olea europaea*) en Tunisie. C.R. Biologies 330, P 135-142.
- **H. Mennour et M. Bouhidel (2022)**. Caractérisation du système de culture arboricole dans la région de Ben Badis: État des lieux et techniques de préservation et d'amélioration. Thèse Master 2 « Protections des écosystèmes », Université Frères Mentouri Constantine. P 22.
- **H. Mennour et M. Bouhidel (2022)**. Caractérisation du système de culture arboricole dans la région de Ben Badis : État des lieux et techniques de préservation et d'amélioration. Thèse Master 2 « Protections des écosystèmes », Université Frères Mentouri Constantine. P 29.
- **H. Sibachir (2019)** : Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la région de karman (Wilaya de Tiaret). Université de Tiaret P 10.

I:

- **I. Berghida et A. Mechtri (2017)** : Cartographie des efflorescences algales dans le barrage d'el Agrem (wilaya de Jijel) à partir d'images satellitaires. Thèse de mémoire. Université Med-seddik ben Yahia. Jijel. P 17.
- **I. Mostafa et autres (2007)** : environmental resource economics - Université House - Alexandrie. P 225.
- **ITCMI (2018)** : Culture de pomme de terre. Ed. ITCMI. 10p.
- **ITGC (2019)** : Fiche technique d'Orge. P 1_4.
- **ITGC (2019)** : Fiche technique du Blé dur. P 1_4.
- **ITGC (2019)** : Fiche technique du Blé tendre. P 1_4.
- **ITGC (2022)** : Fiche technique de Tournesol. P 1_6.

J :

- **J. Braun (1995)** : Les gens et la planète. Association internationale pour la diffusion des connaissances et de la culture. Internationale. P 51.
- **J. Brosse (2010)** : Larousse des arbres : Dictionnaire de 1600 arbres et arbustes, Ed. Larousse, Espagne, P 150.591.
- **J. Durand (1954)** : Carte des sols d'Algérie. Inspection générale de l'Agriculture. Alger. 1 carte en 8 coupures, en couleur + Notice, P 11.

K :

- **K. Boudierba et H. Berrached (2020)** : Essai d'adaptation de quelques variétés d'oignon Coréenne en Algérie. Thèse de Master 2 « Agronomie », Université M'Hamed Bougara de Boumerdès. P 46.
- **K. Feiachi (2000)** : Programme de développement de la céréaliculture en Algérie ITGC, El-Harrach : Actes du premier Symposium International sur la filière Blé 2000 : Enjeux et Stratégies/ Alger 7-9 février 2000 : P 21-27.
- **K. Habouche et C. Salmi (2020)** : Diversité biologique de l'arboriculture fruitière dans la région de Msila. Mémoire master en biotechnologie végétale. Université Mohamed Boudiaf - M'sila.
- **K. Shandilya et al., (2013)** : Applications of Remote Sensing. Civil Engineering Department, the University of Toledo, Toledo, OH (USA), P 7.8.9.

- **K. Soudani (2005)** : Introduction générale à la télédétection partie I : Bases physiques et exemples d'applications aux couverts végétaux (Version 1.0 – Mars 2005). Faculté des Sciences d'Orsay – Université Paris Sud X. P 4-7.
- **K. Torrin (2021)** : Système d'information géographique. P 2.
- **KH. Touati (2019)** : La sécurité alimentaire mondiale. Stratégies et menaces. Thèse de mémoire. Université du droit et sciences politique. Université de 08 Mai 1945 Guelma. P 46-75.

L :

- **L. ABID (2013)** : La couverture sanitaire de la wilaya de Tiaret P 2.
- **L. Daoudi (1994)** : Etude des caractères végétatifs et fructifères de quelques variétés locales et étrangères d'olivier cultivées à la station expérimentale de Sidi-Aich (Bejaia). Thèse de magister. Inst. Nat. Agr. El-Harrach. P 132.
- **L. Woensel, Darja EPRS (2015)**. Towards Scientific Foresight for the European Parliament. EPRS (PE 527.416).
- **L.S Unganai ET F.N Kogan (1998)**: Drought Monitoring and Corn Yield Estimation in Southern Africa from AVHRR Data. Remote Sensing of Environment, 63(3): 219-232.
- **L.S. Unganai and F.N. Kogan (1998)**: Drought Monitoring and Corn Yield Estimation in Southern Africa from AVHRR Data. Remote Sensing of Environment, 63(3): P 219-232.
- **Le Programme CE- FAO « Sécurité alimentaire : l'information pour l'action »** est financée par l'Union européenne et exécuté par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).
- **Les priorités de l'action de la FAO (2006)** : en matière de sécurité alimentaire Notes d'orientation juin 2006 n° 2, P 01.

M :

- **M. Achir (2009)** : évaluation et modélisation de l'érosion hydrique ; etude comparative entre la région céréalière de Rahouia et la région steppique de Faidja. Tiaret. Thèse de mémoire. Université de Ziane Achour. Djelfa. P 42.
- **M. Addala (2020)** : Mise en œuvre des TOD (Terrain and Obstacle data) au profit de L'aérodrome d'Alger. Thèse de mémoire. Université Blida 1. P 10-21.

- **M. Balasundram, SK. Hanif AHM (2017)** : Detecting and monitoring plant nutrient stress using remote sensing approaches: A review. Asian Journal of Plant Sciences 16(1). P 1-8.
- **M. Bayoudh (2013)** : Apprentissage de connaissances structurelles à partir d'images satellitaires et de données exogènes pour la cartographie dynamique de l'environnement Amazonien. L'université des Antilles et de la Guyane. P 11-12, 17.
- **M. Bennacer et A. Bouderbala 2016)** : Etude du désherbage (chimique et manuel) en pépinière sur la culture d'oignon A. cépa. (Deux hybrides F1 et une variété population). Thèse Master 2 « Amélioration des productions végétales », Université Mostaganem.
- **M. Bouacha (2019)** : Application des SIG & de la télédétection à l'étude de la dynamique de végétation des parcours steppiques algériens. Cas de la région de Tiaret. Thèse de doctorat Université Ibn Khaldoun Tiaret P 33, P 36, P 42, P 43.
- **M. Boultif (2018)** : SIG et Modélisation pour la Cartographie des Zones Vulnérables à la Sécheresse et à La Désertification dans un Ecosystème Méditerranéen Semi-Aride : Application dans la Zone d'El Hodna. Université Mustapha Benboulaïd, Batna 2. P 97-98-99.
- **M. Gebeyehu (2019)** : Remote Sensing and GIS Application in Agriculture and Natural Resource Management. Jimma University, Ethiopia. Volume 19 Issue 2. P 45-48.
- **M. Harrag et Y. Boulfred (2019)** : Revue de l'économie financière et des affaires. La sécurité alimentaire en Algérie Une étude analytique sur les céréales Food security in Algeria An analytical study on cereals. Volume 03, Numéro 02, p162-188.
- **M. Kalla (2021)** : Introduction aux systèmes d'informations géographiques (SIG). INSTITUT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS. UNIVERSITÉ BATNA 2. P 5-6.
- **M. Koehl (2004)** : SIG, une histoire de définitions.... Revue XYZ, N° 101. P 62.
- **M. Loussert et G. Brousse (1978)** : L'olivier. Ed. Moissonneuve et Larose, Paris. P 404.
- **M. MIARA (2011)**. Contribution à L'étude de la végétation du massif de Guezoul (Tiaret). Thèse de magister, université Senia Oran (Algérie), P 167.
- **M. Moussaoui, A. Abalghiti, M. Bendaoud et R. Doukalil (2003)** « Contribution de l'agriculture à la sécurité alimentaire au Maroc », acte du colloque international sur la sécurité alimentaire. 20-22 October, 2003 Rome, Italy, p56.

- **M. Neggadi (2019)** : Bacillariophycées « Diatomées » De La Région De Tiaret : Aspect Taxonomique Et Appliqué. Université IBN KHALDOUN, Tiaret. P 38.
- **M. Salah (2018)** : Le changement climatique menace les pays les plus pauvres.
- **M.A.D. R (2018)** : Statistiques agricole. Superficies et production série B P 10-30. Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Information
- **M.A.D.R (2014)** : Statistiques Agricoles et des Systèmes d'information (DSASI_MADR). www.FAO.org, consulté le 13/02/2016.
- **M.A.D.R (2019)** : Statistiques agricoles série « B » superficie et production. P 10 _26.
- **M.F. Abu Al-Saud et autres (2006)** : Introduction à l'économie des ressources environnementales - University House - Alexandrie - 2006 – P 157-170.
- **MEC Ministère de l'Éducation et de la Culture (1999)** : Secrétariat de l'Éducation Moyenne et Technologique. Paramètres Curriculaires Nationaux: Enseignement Secondaire. Brasilia.P 188.

N :

- **N. BAKROUNE (2021)** : L'entomofaune des céréales dans la région de Biskra. Ecologie des populations des principaux bioagresseurs. Thèse de Doctorat « Sciences Agronomiques », Université Mohamed Khider, Biskra.P 15_17.
- **N. Djaafour (2019)** : État des lieux de la filière pomme de terre dans la région d'El Oued. Thèse Master 2 « Agronomie », Université El Chahid Hamma Lakhder El-Ouad. P24_36.
- **N. Kumar, SS. Yamaç, A. Velmurugan (2015)** : Applications of Remote Sensing and GIS in Natural Resource Management P 1-6.
- **N. Sahali, B. Douar et A. Selmani (2021)** : Analyse de l'évolution récente des cultures maraichères en Algérie p.487-496.
- **N. Triki (2009)** : Sècheresse pluviométrique durant ces dernières décennies sur Les hautes plaines sud oranaises. Thèse de mémoire. Université d'Oran Es-Sénia. P 69-73.

O :

- **Ouédraogo et Arraria (2017)** : Etude Hydrogéologique et Caractéristiques Hydro chimiques des Eaux Souterraines de la Région de Sougueur.

P :

- **P. DUVIGNAUD (1992)** : Aménagement et gestion du territoire. Application en Algérie (région de Tiaret et Alger). Université de Nice-Sophia Antipolis.P 253.
- **P. Mahé (2003)** : Noyaux pour graphes et Support Vector Machines pour le criblage virtuel de molécules. P 17.
- **P. SELTZER (1946)** : Le climat de l'Algérie, Typo-litho, institut de météo et de Phys. Du globe de l'Univ. D'Alger, et une carte couleur H-T. P 219.
- **P. Shanmugapriya, S. Rathika, T. Ramesh, P. Janaki (2019)**. Applications of Remote Sensing in Agriculture - A Review. Int J Curr Microbiol App Sci 8(1): 2270-2283.
- **PK. Kingra, D. Majumder, B. Chandra, K. Viswavidyalaya, SP. Singh (2016)** : Application of Remote Sensing and GIS in Agriculture and Natural Resource Management under Changing Climatic Conditions. Agricultural Research Journal 53(3): P 295-302.
- **Profile SEE (2016)** : Remote Sensing and GIS Applications in Agriculture Some of the authors of this publication are also working on these related projects: Assessment of Climate change effect on mustard yield in western Haryana View Project Computation of agro-meteorological indices in Barley cultivars under different growing environments at Hisar View project.
- **Programme Alimentaire Mondial (2009) PAM** : Politique de genre pour la promotion de l'égalité hommes-femmes et l'autonomisation des femmes dans les défis relatifs à l'alimentation et la nutrition, Rome.
- **Programme Arabe des Défis de la Sécurité Alimentaire (2009)** : Maison des Sciences Arabes, Ancheron - première édition - Al-Batout - 2009 – P 144.
- **Quezel et Santa. (1962)** : Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques, méridionales. Ed. Centre.Rech.sci (C.N.R.S), ParisTI.1, 565p.

R :

- **R. A Seiler, F. Kogan, G. Wei ET M. Vinocur (2007)** : Seasonal and interannual responses of the vegetation and production of crops in Cordoba – Argentina assessed by AVHRR derived vegetation indices. Advances in Space Research, 39(1): P 88-94.
- **R. Desjardins (2000)** : La Télédétection : Perspective analytique. Université du Québec à Montréal. P 46, 50, 68.

- **R. Ghorab (2015)** : Revue des Sciences Economiques, de Gestion et des Sciences Commerciales, Numéro : 13/2015 La problématique de la sécurité alimentaire durable en Algérie : réalité et perspectives.
- **R. Green (2016)** : Introduction to hydrology. P 2.
- **R. Kasuri (2012)** : Sécurité Alimentaire et Développement Durable_ Le Cas de l'Algérie - Mémoire de Master - Majeure en Economie du Développement - Université d'Annaba - Algérie – P 104.
- **R. MEHRA (2017)** : Evaluation des activités biologiques des extraits du fruit du Cognassier. Thèse de Master. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. P 34_36.
- **R. Of (1994)** : Remote-Sensing and GIS Applications in Agrometeorology.P 1-35.
- **R. Saddem (2019)** : Model-checking pour l'agriculture de précision. Autre. Université Montpellier. Français P 26.27.
- **R. Seiler. Kogan. M. Vinocur (2007)** : Seasonal and interannual responses of the vegetation and production of crops in Cordoba – Argentina assessed by AVHRR derived vegetation indices. Advances in Space Research, 39(1): P 88-94.
- **R. Welch, M. Remillard (1991)** : Remote sensing / GIS for water resource management applications in the southeast. P 282-284.
- **R. Zemirli ET S. Hammache (2017)** : agriculture in Algeria: a sectoral performance excluding hydrocarbons. Journal of excellence for economics and management research. Vol (01). N° (02). P 327-p328.
- **Rapport annuel pour le développement agricole durable (2007)** : Le monde arabe. P 51.
- **Revue de l'économie financière et des affaires JFBE (2019)** : Volume (03) Numéro 02 juin 2019.
- **Revue Environnement et Développement (2002)** : Extraits du texte officiel des Résolutions de Johannesburg - Numéro 2 - 2002 - P 55.
- **Rousselle et al. (1996)** : La pomme de terre, INRA Paris

S :

- **S. Al Kahili (2004)** : Conception d'un système hybride, algorithme génétique et réseau RBF pour une classification d'image satellitaire. Université des sciences et de la technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, Oran, Algérie.
- **S. Al-Wazzan (1998)** : Le développement de l'agriculture arabe - Réalité et possible - Centre d'études sur l'unité arabe - Première édition - Al-Batout - 1998 - p. 465-466
- **S. DJEBAILI (1978)** : Recherches phytosociologies et écologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas Saharien algérien. Thèse Docte. Univ. Sc. Tech. Languedoc. Montpellier. P 229.
- **S. Djouane et A. Haggi (2015)** : étude de la sécheresse climatique dans les hauts plateaux de L'Algérie par deux approches : analyse statistique et images satellitaires. Thèse de mémoire. Université Hamma Lakhdar d'el oued. P 27-29-25.
- **S. Kamoumia et A. Benadda (2018)** : Une étude analogue de l'impact de la croissance démographique sur le déficit de sécurité alimentaire en Algérie. Revue d'études sur le développement et la société, n° 10. P 69.
- **S. Kattar, N. Stéphan et S. Youssef (2001)** : La culture des oliviers. Institut libanais.
- **S. Lemeilleur, S. Selma Tozanli et A. Bencherif (2009)** : Dynamique des acteurs dans les filières agricoles et agroalimentaires. Paris : CIHEAM. Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches ; n°64, P 93-141.
- **S. Maxwell (1996)** : «Food Security: a post-modern perspective», Food Policy, Vol. 21, No. 2, P 155-170.
- **S. Moreaux (1997)** : L'olivier. Actes sud. France. Domestication de l'oleauropea L. Dans le bassin méditerranéen. Cahiers Agricol vol.15, n°4
- **S. OUMATA, L. BOUZID, T. SID-OTMANE, K. KAHLAINE, M. BOUTA, Z. EL-KOLLI (2008)** : La situation des cultures maraîchères en Algérie. Alger P 50.
- **S.B. Doreen (2009)** : Remote sensing in physical geography: a twenty first century perspective. In Progress in Physical Geography, 33(4), P 451- 456.

T :

- **T. Moumene (1993)** : Contribution à la connaissance de la matière organique, étude minéralogique. Thèse Magister, INA d'El Harrach Alger P163.

- **T. Nasser, Gh. Faour ET L. Touchart (2020)** : Understanding drought as a physical phenomenon experienced by farmers: a necessity for adaptation management and sustainable rural development. The case of the Central Beqaa in Lebanon. P 45.63.
- **T. Setiyono, A. Nelson, and F. Holecz (2014)** : Remote Sensing based Crop Yield Monitoring and Forecasting.

U:

- **UVED (2008)** : ENVCAL - Suivi de l'environnement par télédétection, Cours en ligne. Université Paris I, Panthéon-Sorbonne.

V:

- **V. B Joachin (1995)**. Employment for Poverty Reduction & Food Security, IFPRI, Washington, USA.
- **VK. Dadhwal, S. Isro (2003)**. Crop growth and productivity monitoring and simulation using remote sensing and GIS. Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology P 263-289.

W:

- **W. Mellouk et Gh. M Abdessabar (2019)** : Etude bibliographique des indices de sécheresse. Application à la région de Tlemcen. Université ABOU BEKR BELKAID. P 25-84.
- **W. Roudni (1988)** : L'Europe et le sous-développement en Afrique, tr. Ahmed Al-Qasir et Ibrahim Othman (Koweït : Le monde du savoir, 1).
- **WC. Sun, H. Ishidaira, S. Bastola (2011)** : towards improving river discharge estimation in ungauged basins: calibration of rainfall-runoff models based on satellite observations of river flow width at basin outlet. Hydrol Earth Syst Sci P14.

Y:

- **Y. Diallo, G. Hu, X. Wen (2009)** : Applications of Remote Sensing in Land Use / Land Cover Change Detection in Puer and Simao Counties, Yunnan Province. 5(4): P 157-166.
- **Y. Kouba (2018)** : Cours de système d'information géographique. Master. Aménagement urbain, Université Larbi Ben M'hidi O.E.B., Algérie. P 32.

- **Y. Teldja (2016) :** Système d'information géographique appliqué à la géologie et la géologie de la feuille à 1/200 000 de Tizi Ouzou (Région de la Grande Kabylie). Thèse de mémoire Université Mouloud Mammeri TIZI OUZOU. P 44 - 46.

Z :

- **Z. Raoua (2009) :** Les effets politiques et économiques de l'eau. Irak. Dar zahran. P 33.
- **Z. Siouda et O. Lalami (2020) :** Etude des différentes techniques culturales pratiquées aux vergers d'olivier (*Olea europaea*) dans la région semi-aride wilaya de Bordj Bou arréridj. Thèse de mémoire. Université Mohamed el Bachir Ibrahim B.B.A. P 1-31.
- **Z. TOUIDJENI et A. BENARAB (2014) :** Sécurité hydrique et sécurité alimentaire, la stratégie de l'Algérie, état des lieux.

Site Web :

- **Master web 1:** <https://fr.tutempo.net>. Consulté le : Avril 2022
- **Master web 2 :** https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2
- **Master web 3 :** earthengine.google.com. Google Earth Engine. Consulté le : 20 Mai 2022.