



République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université AMO de Bouira

Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées

Département d'Informatique

Mémoire de Master

en Informatique

Spécialité : ISIL

Thème

Analyse Géospatiale avec web-scraping pour
l'optimisation de l'économie Agricole en Algérie

Encadré par

— Kerkad Amira
— Djouabri Abdrezak

Réalisé par

— Maiz Rabah Islem
— Dahmani Amine

2023/2024

Remerciements

Avant tout, nous rendons grâce à Dieu, qui nous a donné la vie, la santé, ainsi que le courage et la patience nécessaires durant ce travail.

Nous tenons également à exprimer notre profonde reconnaissance envers notre encadrante, Mme KERKAD Amira , dont l'engagement, la perspicacité et la bienveillance ont enrichi notre expérience de recherche. Ses conseils éclairés et son soutien constant ont été d'une valeur inestimable, contribuant de manière significative à la réussite de ce travail.

Nous exprimons notre gratitude envers notre co-encadrant, Dr. DJOUABRI Brahim, pour ses encouragements, ses conseils judicieux et ses suggestions. Nous vous remercions pour votre confiance, vos encouragements et votre disponibilité.

Nous tenons également à remercier tous les membres du jury, qui ont eu l'honneur d'examiner notre travail. Nos remerciements s'étendent à tous les enseignants du département d'informatique de l'Université Akli Mohand Oulhadj.

Enfin, nous exprimons notre reconnaissance envers nos parents pour la confiance qu'ils nous accordent, leur soutien constant et leur patience.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

- À mes parents, pour leur soutien inconditionnel et leur encouragement tout au long de mon parcours scolaire.
- À mes frères Anis et Mus, pour leur soutien et leur compréhension.
- À madame Kerdad Amira, pour son aide inestimable, son soutien constant et son engagement sans faille.
- À toutes les personnes qui m'ont aidée de près ou de loin pendant mes études, pour leur soutien précieux.
- À tous les enseignants du département d'informatique de l'Université Akli Mohand Oulhadj, pour leur enseignement et leur encadrement.

Maiz Rabah Islem

Dédicaces

Je dédie ce travail :

- À mes parents, pour leur soutien inconditionnel et leurs encouragements constants tout au long de mon parcours scolaire
- À ma sœur ainsi qu'à mes frères, Smail et Nabil, pour leur soutien constant, leur compréhension et leurs encouragements inébranlables.
- À Anis , pour son aide précieuse et son soutien inébranlable.
- À toutes les personnes qui m'ont aidées de près ou de loin pendant mes études, pour leur soutien précieux notamment madame Kerkad Amira.

Dahmani Amine

Table des matières

Table des matières	i
Table des figures	iv
Liste des tableaux	vi
Liste des abréviations	vii
Introduction générale	1
1 Etat de l'Art	3
1.1 Introduction	3
1.2 L'économie Agricole en Algérie	3
1.2.1 Cas de l'Algérie	3
1.2.2 Risques et Défis	4
1.3 Facteurs géospatiaux clés	5
1.3.1 Facteurs environnementaux	5
1.3.2 Infrastructures	6
1.3.3 Acteurs socio-économiques	7
1.4 Les données au service de l'agriculture	8
1.4.1 La Science des Données (Data Science)	8
1.4.2 Collecte de données par Web-Scraping	9
1.4.3 Analyse des données géospatiales	9
1.4.4 L'informatique décisionnelle	10
1.4.5 Les données au service de l'Agriculture	10

1.5	Constat et Défis liés à l'optimisation de l'économie agricole en Algérie . . .	11
1.5.1	Le constat constant des faiblesses du secteur	11
1.5.2	Difficultés de commercialisation en Algérie	11
1.5.3	Surpopulation et ressources agricoles	12
1.6	Conclusion	12
2	Analyse des Données Agricoles	13
2.1	Introduction	13
2.2	Méthodologie	13
2.3	Phase 1-Approche Analytique(Analytic Approach)	14
2.3.1	Surfaces globales	14
2.3.2	Cultures permanentes	17
2.3.3	Cultures non permanentes	18
2.3.4	Elevage & Aquaculture :	19
2.4	Phase 2 - Données Requises (Data requirements)	21
2.5	Phase 2 - Données Requises (Data requirements)	22
2.5.1	Tableaux de données statistiques	22
2.5.2	Cartes statiques	23
2.5.3	Cartes dynamiques	26
2.6	Phase 4 - Préparation des données (Data Preparation)	28
2.7	Phase 5 – Modélisation (Modeling)	29
2.8	Conclusion	32
3	Etude Conceptuelle	33
3.1	Définition d'UML	33
3.2	Diagrammes de cas d'utilisation	33
3.3	Diagrammes de séquence	36
3.4	Diagramme de Classe	39
3.5	Entrepôt de Données	41
3.6	Conclusion	45
4	Réalisation	46
4.1	Introduction	46
4.2	Environnement de développement	46

4.2.1	Langage	46
4.2.2	Machine	48
4.2.3	Outils	48
4.3	L'application web pour l'analyse et l'optimisation	50
4.3.1	Page d'accueil	50
4.3.2	Carte interactive	50
4.3.3	Recommandations	53
4.3.4	Tableau de bord	54
4.4	Conclusion	56
	Conclusion générale	57
	A Répartition des Surfaces Agricoles par Type	59
	B Effectifs Animaux en Algérie	63
	C Espèces Élevées et Production Visée en Aquaculture en Algérie	64
	Bibliographie	66

Table des figures

1.1	l'agriculture en algerie	4
1.2	les étapes de la chaine logistique	7
1.3	Data Science	9
2.1	Répartition générale des terres en Algérie selon le rapport national d'agri- culture 2021	15
2.2	Répartition de la surface totale (Ha) par type de culture	16
2.3	Analyse des rendements des cultures permanentes (hors vignes)	17
2.4	Histogramme représentant les vignes	18
2.5	Analyse de la production des légumes secs	18
2.6	Analyse de la production des cultures industrielles	19
2.7	Analyse de la production des céréales d'hiver	19
2.8	Effectifs animaux en Algérie	20
2.9	Capacité de production des 19 projets d'aquaculture marine en activité . .	21
2.10	Capacité de production des 21 projets d'aquaculture en eau douce en activité	21
2.11	Données climatiques de l'Algérie	23
2.12	Les statistiques agricoles	23
2.13	Étages Bioclimatiques en Algérie dans un document PDF	25
2.14	Types de sols en Algérie	25
2.15	Géo-référencement d'une carte statique sur une carte dynamique avec Python.	26
2.16	Requête sur Overpass Turbo permettant de récupérer les points d'eau en Algérie.	27
2.17	Récupération des fournisseurs de materiel agricole via Instant Data Scraper..	27

2.18 Rendements des cultures agricoles par année.	29
2.19 Modèle de régression polynomiale pour prédire les rendements graphiquement	30
2.20 Rendement des cultures annuelles	31
3.1 Diagramme de cas d'utilisation pour Client	35
3.2 Diagramme de cas d'utilisation pour l'administrateur	35
3.3 Diagramme de séquence pour la visualisation des facteurs environnementaux	37
3.4 Diagramme de Classe	40
3.5 Architecture d'un entrepôt de données	42
3.6 Schéma en étoile pour l'entrepôt de données agricoles.	43
4.1 Interface d'accueil avec formulaire de collecte d'informations utilisateurs . .	50
4.2 Interface de visualisation des fournisseurs sur la carte interactive.	52
4.3 Localisation des stations de service sur la carte interactive.	52
4.4 Localisation des stations de transport sur la carte interactive.	53
4.5 Interface de visualisation des statistiques	54
4.6 Tableau de bord affichant les principales productions alimentaires.	54
4.7 Graphique par catégories.	55
4.8 Affichage du graphique lors de la sélection d'une catégorie.	55

Liste des tableaux

2.1	Répartition des Superficies Agricoles Utiles (S.A.U)	14
2.2	Acronymes des types de sols	24
3.1	Les différents cas d'utilisation de notre système	34
3.2	Tableau descriptif du diagramme de séquence pour la visualisation des facteurs environnementaux	38
3.3	Tableau descriptif du diagramme de classes	41
4.1	Environnement matériel	48
A.1	La répartition des surfaces agricoles 1/2	61
A.2	La répartition des surfaces agricoles 2/2	62
C.1	Types d'aquacultures pratiquées en Algérie, avec les espèces élevées et la production visée	65

Liste des abréviations

BDD : Base De Données

CSS : Cascading Style Sheets

HTML : HyperText Markup Language

HTTP : Hypertext Transfer Protocol

MySQL : My Structured Query Language

PHP : Hypertext Preprocessor

SQL : Structured Query Language

UML : Unified Modeling Language

WWW : World Wide Web

Résumé

L'agriculture en Algérie constitue un pilier essentiel, assurant la sécurité alimentaire et générant des emplois cruciaux. Cependant, le secteur est confronté à plusieurs défis majeurs, notamment une dépendance aux importations alimentaires malgré l'abondance de terres arables, une faible productivité agricole et une vulnérabilité aux aléas climatiques. Pour moderniser et diversifier ce secteur vital, l'informatique offre des solutions innovantes.

Ce mémoire explore l'utilisation du web-scraping pour collecter des données essentielles à l'analyse géospatiale et à la recommandation stratégique dans l'économie agricole algérienne. Nous avons développé une application web interactive intégrant une carte dynamique où sont représentées diverses infrastructures et données environnementales cruciales telles que les stations de service, les puits, les châteaux d'eau, et les fournisseurs agricoles avec leurs informations détaillées.

En utilisant ces données et un algorithme génétique, nous avons généré des recommandations précises pour optimiser la planification agricole en Algérie. Notre approche inclut également un tableau de bord contenant des graphiques détaillés sur la production de cultures clés comme le blé, fournissant ainsi aux décideurs des insights stratégiques pour améliorer l'efficacité et la durabilité du secteur agricole.

En résumé, ce mémoire vise à analyser en profondeur les défis auxquels fait face l'agriculture algérienne et propose des solutions innovantes grâce à l'utilisation avancée de l'informatique et de la géo-spatialisation.

Mots clés : Webscraping, Sustainable Agriculture, Visual Data Analysis, Recommandation

Introduction générale

Dans le contexte économique de l'Algérie, l'agriculture se présente comme un pilier fondamental, fournissant non seulement des denrées alimentaires essentielles à la population, mais également des emplois et des revenus cruciaux pour le peuple algérien. Cependant, ce secteur vital est confronté à une série de défis majeurs qui entravent son plein potentiel. L'un de ces défis préoccupants est la dépendance aux importations alimentaires, malgré les vastes terres arables dont dispose l'Algérie. Cette dépendance découle en grande partie d'une faible productivité agricole et d'une utilisation limitée des techniques modernes dans le secteur.

Un autre défi crucial auquel est confrontée l'agriculture algérienne est sa vulnérabilité aux conditions climatiques. Les aléas climatiques tels que les sécheresses et les inondations ont un impact significatif sur la production agricole, en particulier dans les régions semi-arides et arides du pays. De plus, la pression démographique croissante aggrave la situation, avec une demande alimentaire en constante augmentation.

Face à ces défis, il est impératif pour l'Algérie d'adopter des mesures visant à moderniser et diversifier son secteur agricole. Dans cette optique, l'informatique joue un rôle crucial. En permettant d'analyser, de visualiser, de contrôler et d'optimiser les données agricoles, les outils informatiques peuvent apporter des solutions innovantes aux problèmes rencontrés. Notre contribution se concentre sur la construction de datasets nécessaires pour l'analyse visuelle et la recommandation pour l'économie agricole.

Pour ce faire, nous utilisons le web-scraping afin d'obtenir les données nécessaires pour une analyse visuelle approfondie. Cette analyse sera ensuite utilisée pour créer une carte

interactive, sur laquelle seront positionnés des marqueurs contenant des informations essentielles. En utilisant ces données nous serons en mesure de formuler des recommandations pour l'optimisation de l'économie agricole en Algérie.

En résumé, notre mémoire aura pour objectif de fournir une analyse approfondie des défis auxquels est confrontée l'agriculture algérienne pour apporter des solutions efficaces. Nous proposons de construire des datasets via le webscraping pour l'analyse visuelle et la recommandation visant à optimiser le secteur agricole en Algérie.

Notre mémoire sera structurée comme suit :

- **Chapitre 1** : Nous positionnons le problème et présentons les principaux concepts liés à notre étude.
- **Chapitre 2** : Nous détaillons l'étude effectuée pour l'analyse des données agricoles, en suivant la méthodologie de Data Science pour la collecte et la préparation des données.
- **Chapitre 3** : Nous décrivons l'étude conceptuelle effectuée via le formalisme UML, en expliquant la structure de notre système global de visualisation ainsi que l'entrepôt de données conçu pour l'aide à la prise de décision.
- **Chapitre 4** : Nous présentons les différents outils utilisés pour la réalisation de chaque partie de l'outil.

Etat de l'Art

1.1 Introduction

L'agriculture en Algérie joue un rôle essentiel en garantissant l'approvisionnement alimentaire et en générant des emplois et des revenus pour de nombreuses communautés. Malgré la richesse de ses ressources naturelles, ce secteur est confronté à des défis significatifs qui freinent son développement. Ce chapitre explore les divers facteurs géospatiaux et socio-économiques qui influencent l'agriculture et souligne l'importance des données pour optimiser les pratiques agricoles dans le pays.

1.2 L'économie Agricole en Algérie

L'économie agricole est une branche de l'économie qui applique ses principes et théories à l'analyse des problèmes et des questions liés à la production, la transformation, la distribution et la consommation des produits agricoles. Cette discipline se différencie de la phytotechnie et de la zootechnie par son accent mis sur le comportement humain dans le cadre de ces activités. [1]

1.2.1 Cas de l'Algérie

L'agriculture joue un rôle significatif dans l'économie de l'Algérie, contribuant à plus de 12% du produit intérieur brut (PIB) en 2017, avant même l'incorporation des industries agroalimentaires. Toutefois, cette contribution varie considérablement d'une année à l'autre en raison des fluctuations climatiques. Depuis les années 2000, le gouverne-

ment algérien accorde une attention accrue à l'agriculture dans le but de diversifier son économie, qui demeure fortement dépendante de la production pétrolière.

Les cultures principales comprennent les céréales, qui occupent une grande partie des terres agricoles, ainsi que l'arboriculture, les cultures maraîchères (en particulier les pommes de terre, les agrumes et les fourrages) et l'élevage, notamment l'élevage ovin et l'aviculture.[2]



FIGURE 1.1 – l'agriculture en algerie

1.2.2 Risques et Défis

L'agriculture en Algérie est confrontée à une série de défis et de risques qui entravent son développement et menacent la sécurité alimentaire du pays. Parmi ces défis :

économique : Accroître la productivité agricole devient crucial pour garantir les ressources nécessaires à l'industrie agroalimentaire, un pilier essentiel de la sécurité alimentaire. Ce n'est plus une option, mais une impérative nécessité face à la détérioration de la situation financière nationale. En améliorant l'efficacité des pratiques agricoles, nous pouvons fournir les intrants vitaux à cette industrie, renforçant ainsi la résilience alimentaire du pays.[3]

démographique : L'indice de dépendance croissant met en évidence l'impératif de renforcer et de diversifier l'économie, accordant une importance capitale à l'agriculture en tant que secteur clé. Cette évolution souligne la nécessité pressante de bâtir une économie solide et variée, où l'agriculture joue un rôle essentiel dans la résilience et la croissance

économique, répondant ainsi aux défis actuels et futurs.[4]

La sécurité alimentaire : L'Algérie, tributaire de ses ressources extérieures pour se nourrir, risque une instabilité politique si ces flux diminuent. Les fluctuations mondiales, comme l'augmentation des prix alimentaires due au climat ou aux crises politiques, pourraient aggraver cette situation. Les régions productrices des produits importés ne sont pas à l'abri d'accidents climatiques, impactant l'offre mondiale. Des tensions politiques pourraient également compliquer les négociations d'approvisionnement avec les partenaires traditionnels. Pour garantir la stabilité, il est impératif de rééquilibrer l'approvisionnement en favorisant une production nationale plus robuste et moins dépendante des marchés internationaux. [5]

Protéger les ressources naturelles face au changement climatique : Protéger les ressources naturelles et s'adapter au changement climatique constitue un double défi essentiel. L'Algérie fait face à des pressions croissantes sur la fertilité des sols, la disponibilité en eau et la qualité de l'eau, exacerbées par le changement climatique. Cette situation appelle à des pratiques agricoles durables et à une recherche agronomique renforcée pour assurer la résilience de l'agriculture face aux défis écologiques et climatiques.[6]

1.3 Facteurs géospatiaux clés

Les facteurs géospatiaux clés font référence aux éléments significatifs de la géographie et de l'espace qui influent sur les activités humaines et les processus naturels dans une région donnée.

1.3.1 Facteurs environnementaux

Les facteurs environnementaux jouent un rôle crucial dans le développement de l'agriculture et dans la préservation des ressources naturelles. Voici quelques-uns de ces éléments essentiels :

Sols : Les types de sols disponibles dans une région déterminent souvent les types de cultures qui peuvent y être cultivées, ainsi que leur productivité. La texture, la composition chimique et la structure des sols ont un impact sur l'agriculture, la construction, la gestion des ressources naturelles et la biodiversité. [7]

Climats : Le climat est défini par les statistiques des conditions atmosphériques et envi-

ronnementales sur plusieurs décennies, influencé par des éléments comme l'énergie solaire et la rotation de la Terre. Les émissions de gaz à effet de serre, résultant des activités humaines, modifient ces conditions, provoquant une hausse globale des températures, des variations des précipitations et une élévation du niveau de la mer. Prévoir ces évolutions climatiques est crucial pour anticiper les changements à venir. Cependant, malgré les modélisations numériques, une caractérisation précise des changements régionaux reste partiellement incertaine.[8]

Ressources hydriques : Les ressources hydriques, comprenant les cours d'eau, les lacs, les réservoirs, les nappes phréatiques et les précipitations, sont essentielles pour soutenir la vie humaine, l'agriculture, l'industrie et les écosystèmes. La disponibilité et la qualité de l'eau peuvent influencer la santé publique, la sécurité alimentaire et la durabilité environnementale.[9]

1.3.2 Infrastructures

Les infrastructures sont les éléments fondamentaux qui soutiennent les déplacements des personnes et des biens. Parmi ces infrastructures, on compte les routes, les transports et les chaînes logistiques, qui permettent respectivement la circulation terrestre, offrent divers moyens de déplacement et gèrent le flux des marchandises.

Routes : Les routes, en tant que réseau de circulation terrestre, sont cruciales pour l'agriculture en reliant les zones urbaines, rurales et industrielles. Elles facilitent le transport des produits agricoles, l'accès aux marchés et aux infrastructures agricoles, stimulant ainsi le commerce et le développement économique des régions agricoles. [10]

Transports : Le transport est essentiel pour une agriculture performante, en assurant le transfert des produits agricoles des exploitations vers les marchés mondiaux et urbains. Une logistique efficace est cruciale pour garantir le bon déroulement du cheminement des biens, depuis leur production jusqu'à leur consommation. [11]

Chaines logistiques : La chaîne logistique, ou supply chain, représente l'ensemble des étapes que subissent les produits depuis les producteurs jusqu'aux consommateurs finaux, en passant par les phases de fabrication et de stockage. Elle englobe toutes les opérations nécessaires pour livrer un produit au client final, y compris l'approvisionnement en matières premières, la production, le stockage et la distribution. [12]

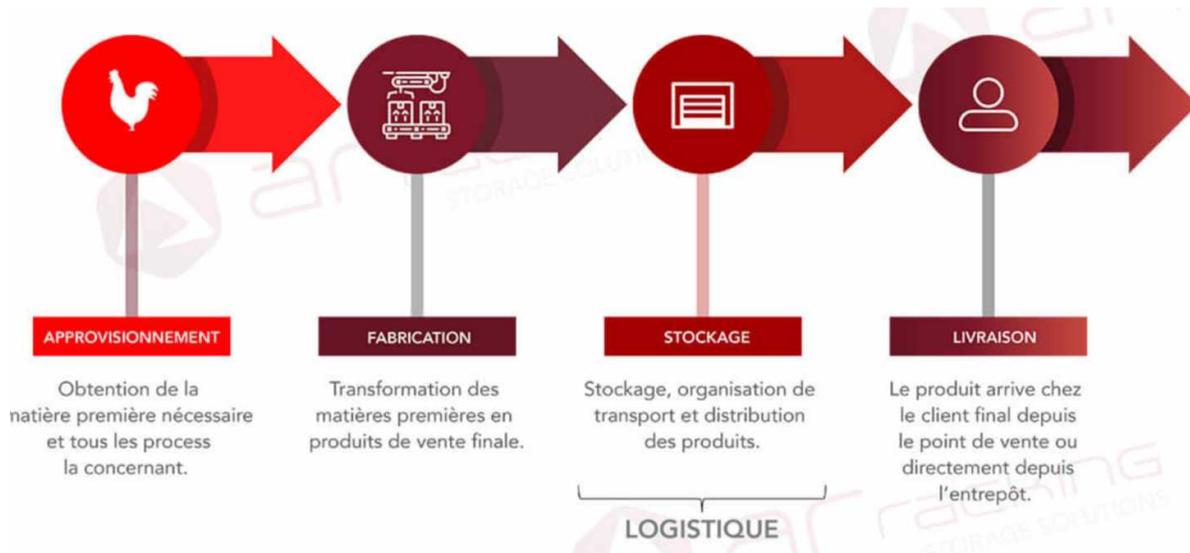


FIGURE 1.2 – les étapes de la chaîne logistique

1.3.3 Acteurs socio-économiques

Les acteurs socio-économiques sont les individus, les groupes ou les entités qui participent activement aux activités économiques et sociales d'une société. Voici quelques-uns de ces acteurs et leurs rôles spécifiques

Producteur et éleveurs : Ces acteurs sont responsables de la production de biens agricoles, tels que les cultures, les fruits, les légumes, les céréales, ainsi que de l'élevage de bétail, de volailles ou d'autres animaux. Leur rôle est crucial dans la fourniture de denrées alimentaires et de matières premières pour diverses industries[13]

Fabricants et artisans : Les fabricants et les artisans transforment les matières premières en produits finis ou semi-finis. Ils opèrent dans une variété de secteurs, tels que l'industrie manufacturière, l'artisanat traditionnel, la construction et les métiers d'art, apportant une contribution importante à l'économie et à la diversité culturelle.[14]

Industriels : Les industriels englobent les entreprises et les organisations qui opèrent dans le secteur manufacturier, produisant une gamme variée de biens de consommation, de biens durables et de biens d'équipement. Ils jouent un rôle central dans la création de richesses, la génération d'emplois et l'innovation technologique dans une économie.

Fournisseurs : Un fournisseur est une entité commerciale ou individuelle qui fournit des biens ou des services à d'autres entreprises ou individus. Le rôle principal d'un fournisseur est d'approvisionner ses clients en produits ou en prestations de services nécessaires à leur fonctionnement ou à la réalisation de leurs activités. Cette relation commerciale peut

impliquer l'achat et la livraison de matières premières, de composants, d'équipements, de produits finis ou de services spécialisés.

- **Fournisseurs de détail** : sont des entreprises qui acquièrent une variété de produits ou de services auprès de multiples fournisseurs pour les revendre à des entreprises ou des consommateurs finaux. Ils proposent une gamme étendue de produits et de services dans un même lieu de vente, généralement en appliquant une marge bénéficiaire sur les prix.
- **Fournisseurs de gros** : Les grossistes sont des intermédiaires dans la chaîne d'approvisionnement, facilitant la distribution des produits entre les producteurs et les détaillants sans augmenter les prix de vente, souvent en réduisant les coûts logistiques et unitaires
- **Centrales d'achat** : Les centrales d'achat centralisent les achats pour des distributeurs ou des grossistes indépendants, visant à obtenir des conditions commerciales avantageuses grâce au volume des achats consolidés, renforçant ainsi leur pouvoir de négociation.
- **Prestataires de services** : Les prestataires sont des entreprises ou des individus qui fournissent des services en échange d'une rémunération, offrant une gamme variée de services, tels que la publicité, le marketing, ou la consultation, répondant aux besoins spécifiques des clients.
- **Sous-traitants** : Les sous-traitants réalisent des travaux de production pour le compte d'autres entreprises dans le cadre de contrats de sous-traitance, fabriquant des produits finis ou des composants utilisés dans le processus de fabrication d'autres entreprises. [15]

1.4 Les données au service de l'agriculture

1.4.1 La Science des Données (Data Science)

La science des données est un domaine d'étude interdisciplinaire axé sur l'extraction d'informations à partir de vastes ensembles de données. En utilisant des méthodes scientifiques, des algorithmes et des processus variés, elle révèle des modèles cachés dans les données brutes. Ce domaine est né de l'évolution des statistiques, de l'analyse des données et du Big Data. La science des données aboutit à des solutions pratiques en opérant sur des

données structurées et non structurées, transformant ainsi des informations en connaissances exploitables pour diverses applications. [16]

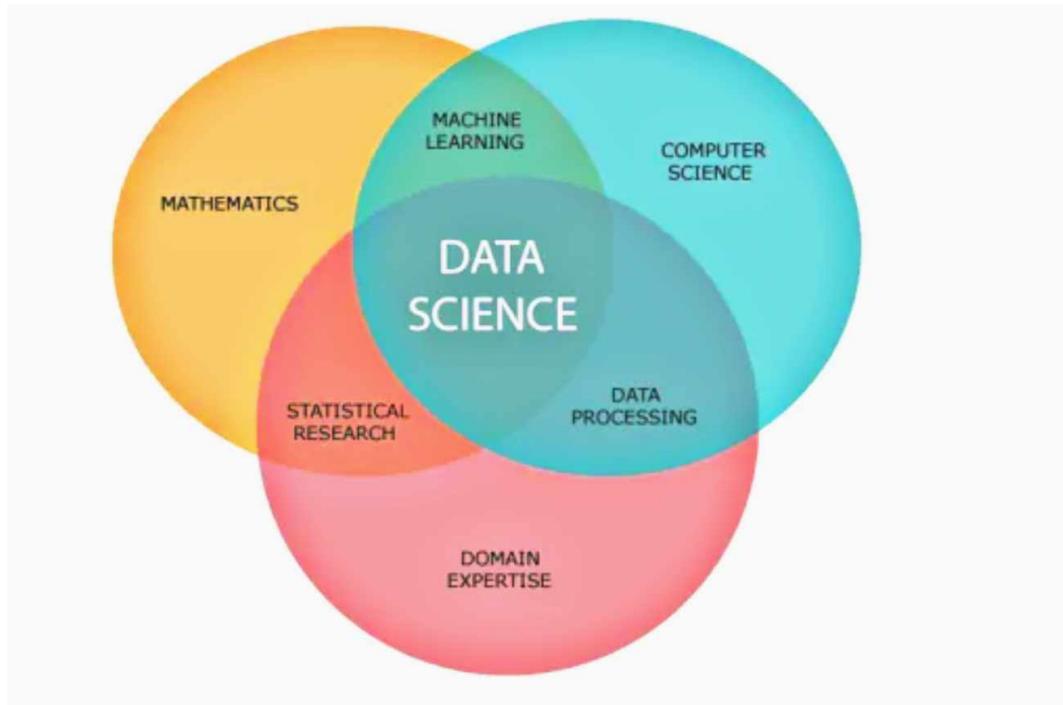


FIGURE 1.3 – Data Science

1.4.2 Collecte de données par Web-Scraping

Le web scraping consiste à recueillir des données accessibles en ligne à l'aide d'outils spécifiques. Parmi les outils les plus importants utilisés pour cette pratique, on trouve BeautifulSoup, Overpass Turbo et Instant Data Scraper. Le web scraping permet d'enrichir des bases de données existantes, facilitant ainsi des analyses approfondies sur divers phénomènes. L'objectif est d'améliorer la qualité des données disponibles en ligne pour les utiliser dans des analyses plus détaillées et informatives.[17]

1.4.3 Analyse des données géospatiales

L'analyse géospatiale exploite des données liées à des emplacements spécifiques, également connue sous le nom d'analyse de données géographiques en temps réel, favorisant ainsi la prise de décisions éclairées. Cette discipline englobe la collecte, la visualisation et l'interprétation de données géographiques pour identifier des schémas et des tendances. Elle marie les technologies SIG avec des outils d'analyse statistique et spatiale pour explorer

les relations spatiales entre divers ensembles de données. Avec des applications diverses telles que la planification urbaine, la gestion environnementale et la gestion des ressources naturelles, elle s'appuie sur des données comme l'utilisation des sols et la démographie, à diverses échelles et niveaux de complexité. [18]

1.4.4 L'informatique décisionnelle

L'informatique décisionnelle, également connue sous le nom de Business Intelligence (BI), est de plus en plus intégrée par les entreprises pour orienter leurs activités. Elle comprend les méthodes et outils informatiques visant à piloter une organisation. Cette discipline repose sur l'utilisation des données brutes de l'entreprise comme matière première, en s'appuyant sur diverses sources telles que les fichiers plats, les bases de données relationnelles ou non relationnelles, ainsi que sur des systèmes d'information spécifiques comme les entrepôts de données.

Les entrepôts de données relationnels jouent un rôle crucial dans l'infrastructure de la Business Intelligence en stockant et en organisant des données provenant de diverses sources via des schémas de données spécifiques tels que le schéma en étoile, le schéma en flocon de neige et le schéma en constellation. Ces schémas offrent chacun des avantages et des inconvénients en termes de complexité et de performance. Dans ces entrepôts, les tables de faits représentent les données numériques sur lesquelles les analyses sont réalisées, avec différents types comme les tables de faits périodiques, transactionnelles et récapitulatives, offrant une granularité variable pour faciliter les analyses à différents niveaux d'abstraction. [19]

1.4.5 Les données au service de l'Agriculture

Les données sont devenues un élément indispensable de l'efficacité opérationnelle dans l'agriculture moderne, permettant une meilleure prise de décision, une optimisation des ressources, une productivité accrue, une gestion des risques améliorée et favorisant le développement durable. Elles jouent un rôle crucial dans la stimulation de la croissance économique, la résolution des défis alimentaires mondiaux, la préservation de l'environnement et la garantie de la durabilité des exploitations agricoles. La valorisation de ces données est primordiale pour des décisions éclairées et la promotion de pratiques agricoles

durables. Parmi les méthodes utilisées pour exploiter ces données, on trouve l'Internet des objets (IoT) pour la collecte de données en temps réel sur les conditions météorologiques, le sol, etc. L'analyse de données est également essentielle pour extraire des informations pertinentes à partir de ces données massives, tandis que les métaheuristiques sont employées pour optimiser les processus agricoles en tenant compte de diverses contraintes et objectifs. [20]

1.5 Constat et Défis liés à l'optimisation de l'économie agricole en Algérie

1.5.1 Le constat constant des faiblesses du secteur

Le constat persistant des lacunes du secteur agricole en Algérie remonte depuis longtemps. Des facteurs historiques, tels que les conquêtes et la colonisation, ont entravé le développement d'une paysannerie solide et durable. Les réformes agraires post-coloniales, bien que tentées, n'ont pas réussi à résoudre les problèmes de fond. Les politiques économiques souvent incohérentes ont amplifié les tensions sociales, notamment autour de la question foncière. Malgré les efforts de l'État pour soutenir l'agriculture, les politiques manquent souvent de clarté et de cohérence. De plus, des erreurs statistiques dans les données rendent les analyses et les diagnostics difficiles. Bien que la population agricole demeure importante, elle est confrontée à des défis majeurs tels que le chômage, le sous-emploi et les conditions de travail précaires, notamment en raison du manque d'infrastructures et d'accès à l'éducation.

1.5.2 Difficultés de commercialisation en Algérie

Les difficultés d'accès aux marchés et à la commercialisation pour les agriculteurs en Algérie se réfèrent aux obstacles spécifiques rencontrés par les producteurs agricoles du pays lorsqu'ils tentent de vendre leurs produits sur les marchés locaux, nationaux ou internationaux. Ces difficultés sont souvent exacerbées par des facteurs socio-économiques, politiques, et géographiques propres à l'Algérie. Voici une définition détaillée de ces difficultés :

Manque d'information sur les marchés : Les agriculteurs algériens peuvent avoir un

accès limité aux informations sur la demande du marché, les tendances de consommation, les prix des produits agricoles et les exigences en matière de qualité et de normes. Ce manque d'information peut rendre difficile pour eux de prendre des décisions éclairées sur la production et la commercialisation de leurs cultures.

Barrières réglementaires et bureaucratiques : Les agriculteurs en Algérie peuvent faire face à des barrières réglementaires telles que les formalités administratives complexes, les exigences en matière de certification et de conformité aux normes de qualité, ainsi que les droits de douane et autres restrictions commerciales. Ces obstacles peuvent rendre difficile l'accès aux marchés nationaux et internationaux.

1.5.3 Surpopulation et ressources agricoles

La pression démographique croissante sur les ressources agricoles désigne l'impact de l'augmentation de la population sur les terres, l'eau, et d'autres ressources nécessaires à l'agriculture. Cette pression résulte de l'interaction entre la croissance démographique et la demande croissante en produits agricoles pour satisfaire les besoins alimentaires, économiques, et sociaux des populations. [21]

1.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exploré l'économie agricole en Algérie. Tout d'abord, nous avons expliqué ce qu'est l'économie agricole, son importance pour le pays, et les raisons de notre recherche. Ensuite, nous avons examiné les différentes approches, techniques d'extraction de données existantes pour analyser et améliorer l'économie agricole. Enfin, nous avons étudié les critères d'évaluation pour mesurer l'efficacité des modèles d'analyse économique.

Analyse des Données Agricoles

2.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous explorerons l'analyse des données dans le secteur agricole en Algérie en suivant la méthodologie standard de la Data Science. Nous débuterons par la collecte et la préparation des données, détaillant les différentes techniques utilisées pour cette phase. Ensuite, nous procéderons à l'analyse visuelle des données afin d'extraire les informations pertinentes. En outre, en complément de l'analyse des données collectées, nous aborderons le défi de la prédiction et de la planification des cultures annuelles, examinant les méthodes et les approches nécessaires pour résoudre ce problème spécifique.

2.2 Méthodologie

La Méthodologie habituellement adoptée IBM [22] par les Data Scientists (Figure 2.1) consiste à commencer par la compréhension du problème traité (Business Understanding) et l'analyse des besoins afin de déterminer un ensemble préalable de données requises (Data Requirements). La collecte de ces données à partir des différentes sources hétérogènes, ainsi que leur préparation (nettoyage, features selection...) est une phase déterminante pour la qualité du modèle de prédiction qui suivra cette étape. La phase de préparation des données prend souvent plus de 80% du temps dans un projet Data Science. La prédiction est ensuite évaluée et comparée aux attentes des décideurs et on pourra revenir en arrière pour affiner si les résultats ne sont pas satisfaisants ou manquent de précision.

Pour notre étude, nous allons suivre cette méthodologie afin d'étudier le problème du secteur agricole en Algérie et essayer de ressortir les connaissances requises et les faits qui agissent sur le rendement des cultures et des activités agricoles en général. Les étapes sont détaillées dans les sections qui suivent.

Nous passons l'étape Business Understanding car nous l'avons déjà détaillée au chapitre 1.

2.3 Phase 1-Approche Analytique (Analytic Approach)

2.3.1 Surfaces globales

Selon le dernier rapport national d'agriculture publié en 2021, la superficie totale des terres en Algérie est de 238 millions d'hectares. Elle se répartit comme suit :

1. **Superficie agricole totale (S.A.T)** est de l'ordre de 44,00 millions d'hectares, soit 18,5 % de la superficie territoriale. Elle comprend :
 - (a) **Les pacages et parcours** : terres sur lesquelles ne s'effectuent aucune façon culturale depuis au moins 5 ans, elles servent au pacage des animaux. Elles s'étendent sur 32,75 millions d'hectares et représentent 74,5 % de la S.A.T.
 - (b) **Terres improductives des exploitations agricoles** : ces terres comprennent les fermes, bâtiments, cours, aires de battage, chemins, canaux, ravins, pistes, etc. Elles s'élèvent à 2,65 millions d'hectares, représentant 6,0 % de la S.A.T.
 - (c) **Superficie Agricole Utiles (S.A.U)** : terres sur lesquelles sont cultivées des spéculations depuis au moins 5 ans. Elles s'étendent sur une surface de l'ordre de 8,56 millions d'hectares, soit 19,5 % de la S.A.T et se répartissent comme suit :

Type de Culture	Superficie	% de la S.A.U
Cultures herbacées	4,68 millions d'ha	54,67 %
Terres au repos	2,85 millions d'ha	33,26 %
Plantations fruitières	910 322 ha	10,63 %
Vignobles	68 649 ha	0,80 %
Prairies naturelles	54 117 ha	0,63 %

TABLE 2.1 – Répartition des Superficies Agricoles Utiles (S.A.U)

2. **Terres Alfatières** : terres sur lesquelles l'alfa, plante vivace pouvant servir à la fabrication du papier, pousse naturellement en d'immenses nappes sur les hauts plateaux de la frontière marocaine à la frontière tunisienne. Elles s'étendent sur une superficie de l'ordre de 2,47 millions d'hectares, représentant 1,0 % de la superficie territoriale.
3. **Terres forestières** : elles sont constituées de broussailles et de maquis et occupent une superficie de l'ordre de 4,1 millions d'hectares, soit 1,7 % de la superficie territoriale.
4. **Terres improductives non affectées à l'agriculture** : elles concernent 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'hectares, représentant 78,8 % de la superficie territoriale.

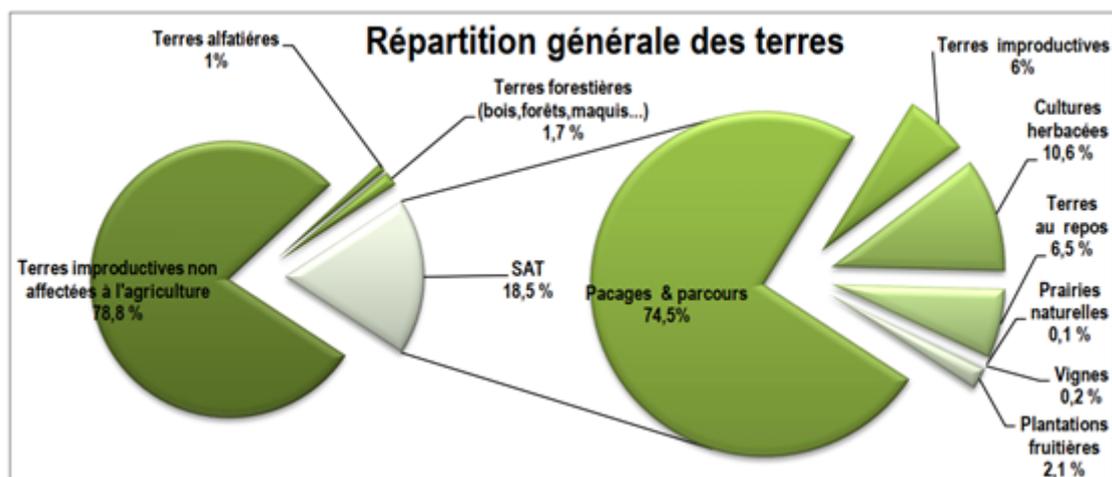


FIGURE 2.1 – Répartition générale des terres en Algérie selon le rapport national d'agriculture 2021

Dans la Figure 2.2, nous analysons la répartition des terres par type d'activité. Nous constatons :

- Une grande proportion des terres est dédiée à l'activité d'élevage (pacage et parcours) car elle n'est pas adaptée à l'agriculture (zones semi-arides, arides et hyper arides).
- La superficie des terres au repos est relativement élevée comparée aux terres dédiées aux cultures herbacées (la moitié).

- Les terres improductives occupent une proportion importante. Elles devraient être revues et exploitées par des méthodes alternatives comme les cultures verticales, certains types d'élevage, etc.

Le détail de chaque type de culture est fourni dans les tableaux joints en Annexe A.

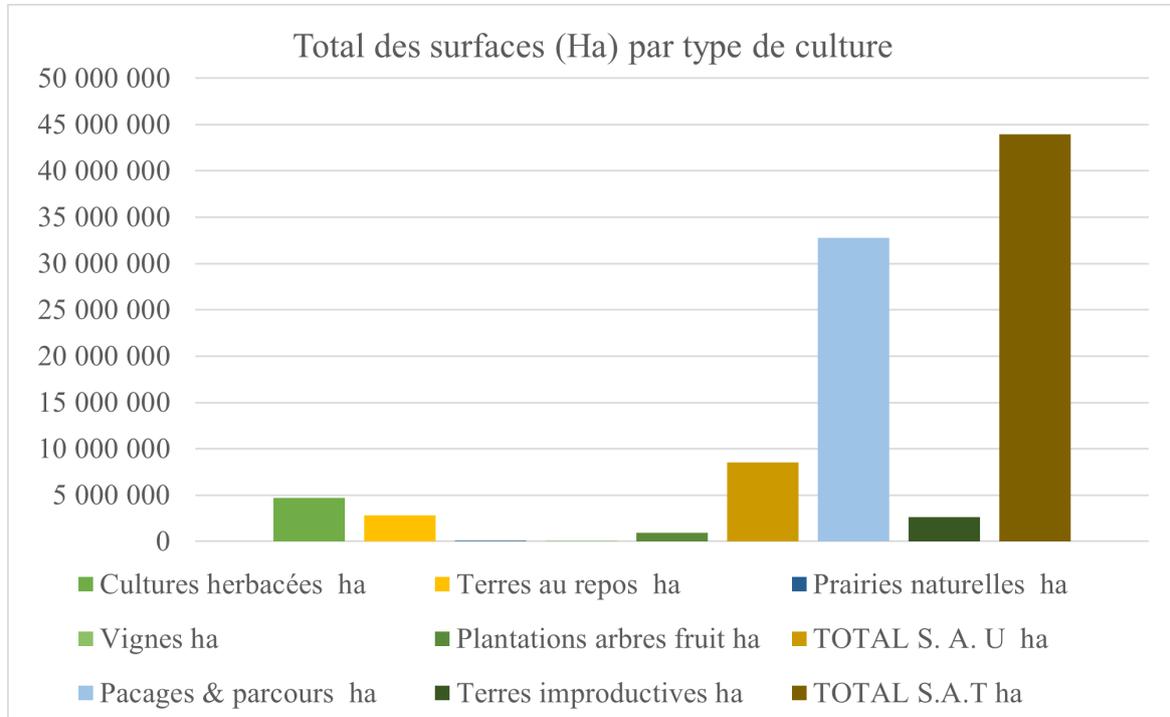


FIGURE 2.2 – Répartition de la surface totale (Ha) par type de culture

2.3.2 Cultures permanentes

Les cultures permanentes englobent les arbres à fruits, à noyaux, dattiers, figuiers et vignes. Dans ce qui suit, nous comparons les rendements totaux de chacune de ses cultures.

Pour les cultures permanentes hors vignes (Figure 2.4), nous constatons la dominance des oliviers. En deuxième et troisième places nous trouvons respectivement les arbres à noyaux (amandes, prunes...) et les palmiers dattiers. Les agrumes et figuiers arrivent en dernières positions car elles ne sont cultivées que dans les régions du Nord (climat méditerranéen) et nécessitent beaucoup d'eau.

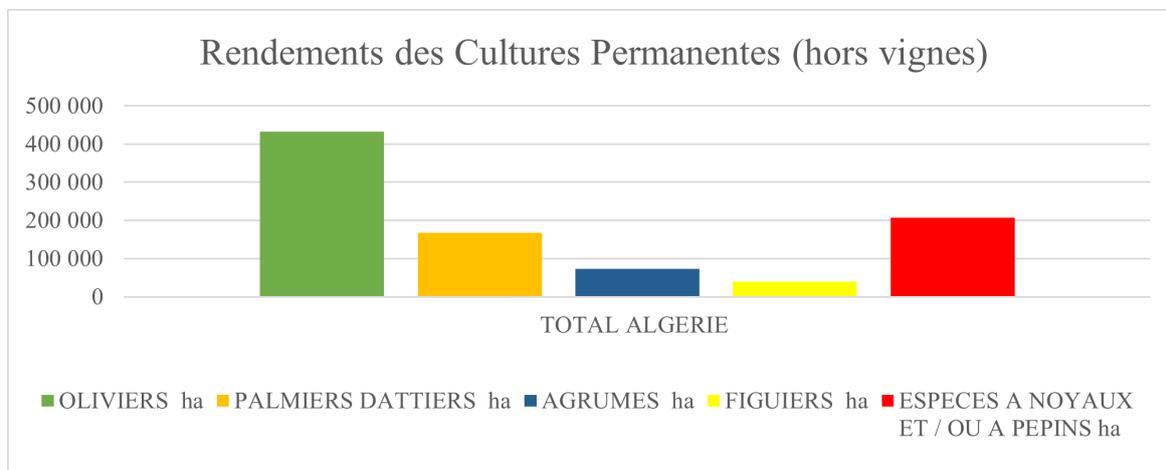


FIGURE 2.3 – Analyse des rendements des cultures permanentes (hors vignes)

En ce qui concerne les vignes, le rapport de 2019 fournit l'évolution de production en termes de quintaux, de quintaux par hectare et en termes de superficies (Figure 2.5). Nous constatons une augmentation des rendements pour les dernières années malgré la réduction des superficies dédiées à cette culture. Il est à noter que cette culture est dédiée à la consommation directe, à la production de raisin sec, à l'industrie, mais également à la production de vin. Il serait plus bénéfique d'orienter la part de production de vin à la consommation pour renforcer le plan de sécurité alimentaire (Figure 2.5).

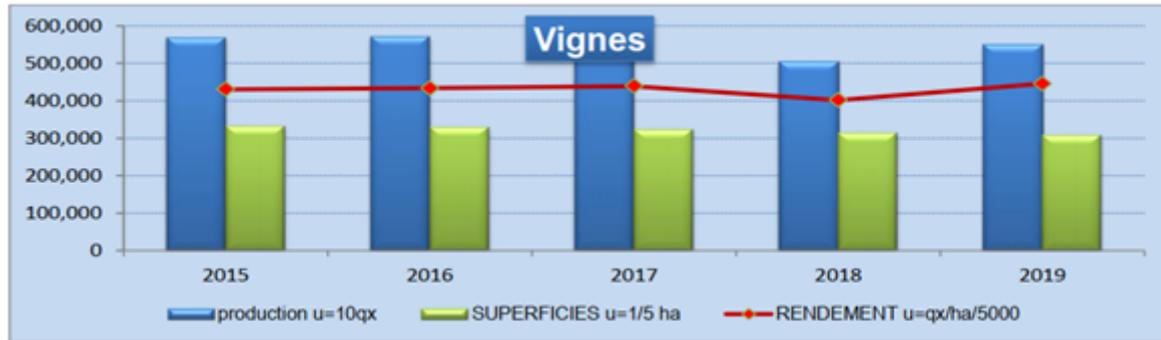


FIGURE 2.4 – Histogramme représentant les vignes

2.3.3 Cultures non permanentes

Les cultures non permanentes représentent l'ensemble de cultures saisonnières. C'est-à-dire celles que l'on cultive une ou plusieurs fois par an. Cela englobe les cultures maraîchères, industrielles, les céréales et les légumes secs.

Les trois figures suivantes montrent l'évolution de la production et des rendements de chaque type. Nous pouvons y voir l'augmentation légère de production proportionnelle à l'augmentation des surfaces de plantation.

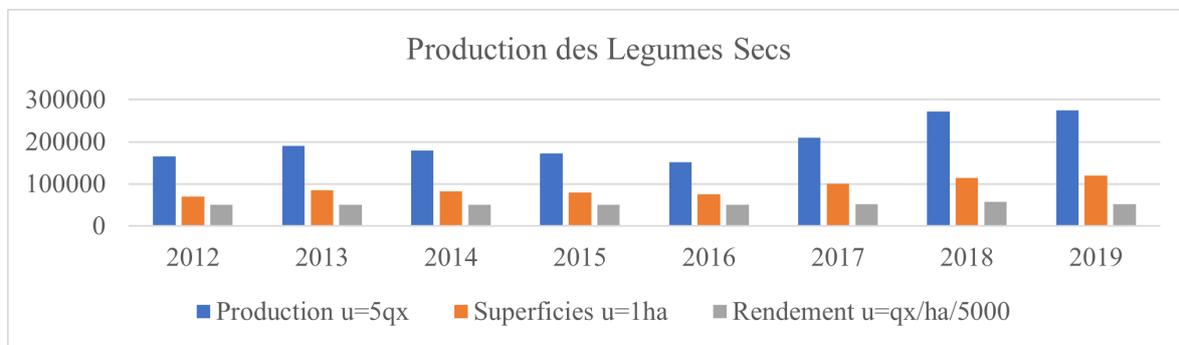


FIGURE 2.5 – Analyse de la production des légumes secs

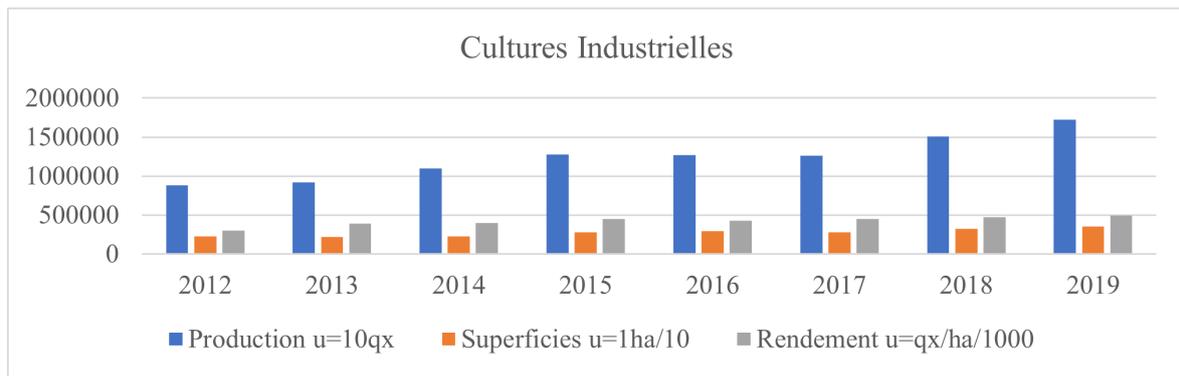


FIGURE 2.6 – Analyse de la production des cultures industrielles

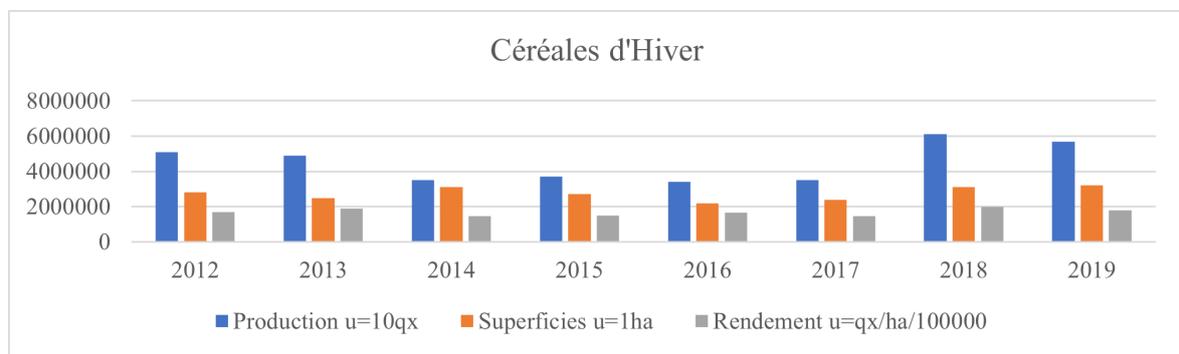


FIGURE 2.7 – Analyse de la production des céréales d’hiver

2.3.4 Elevage & Aquaculture :

Un des grands problèmes en Algérie reste les prix des viandes et la disponibilité des têtes ovines notamment pour le sacrifice religieux. Les dernières statistiques du ministère montrent les effectifs animaux en Algérie. Nous notons que l’état a relevé le manque de statistiques exactes sur le nombre de têtes bovines et ovines par manque de collaboration de la part des éleveurs

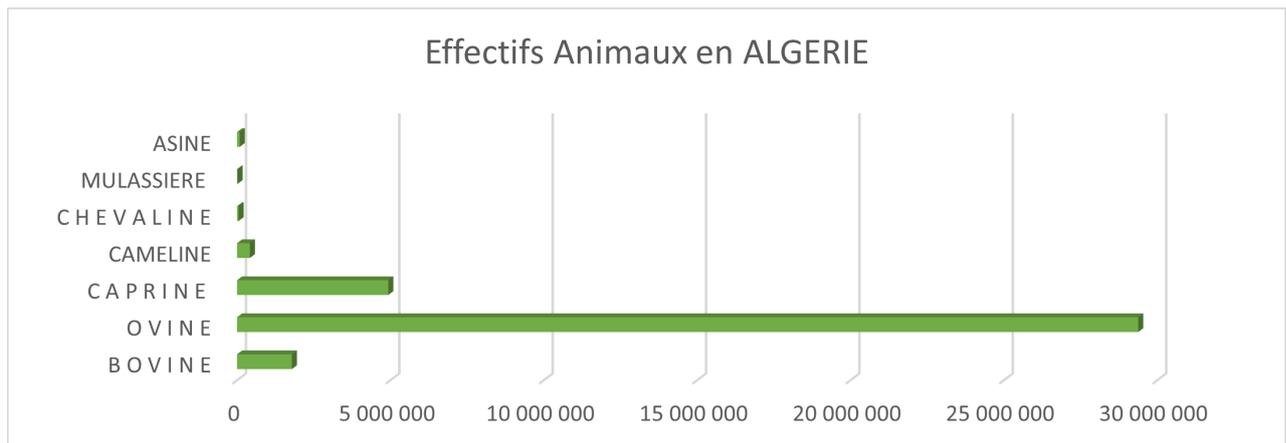


FIGURE 2.8 – Effectifs animaux en Algérie

Dans la Figure 2.9 nous constatons la dominance des trois espèces Ovine, Caprine et Bovine qui est justifiée par le mode de consommation et des activités de production liées (production de lait, de viande, de laine...). Le détail de chaque espèce est donné dans le tableau joint dans l'Annexe B.

En 2023, une étude sur l'état de l'aquaculture en Algérie [Bouguerra, 2023] a révélé que le plan Aquapêche 2020 a pour objectif d'augmenter la production des filières d'aquaculture marine à 80 000 tonnes, tout en créant plus de 10 000 emplois. À cela s'ajoutent les objectifs pour l'aquaculture d'eau douce, avec une production de 20 000 tonnes et la création de 20 000 emplois supplémentaires.

Le programme national repose sur un réseau d'infrastructures publiques, comprenant les projets pilotes suivants :

- Ferme de pisciculture marine de Bou Ismail dans la wilaya de Tipaza
- Centre de conchyliculture pilote de Bou Ismail dans la wilaya de Tipaza
- Ferme de pisciculture d'eau douce de Harreza dans la wilaya d'Ain Defla
- Ferme de pisciculture d'eau douce de Boukais dans la wilaya de Béchar
- Cinq centres de pêche : Tipaza, Bordj Bou Arreridj, Batna, M'Sila, Khenchela
- Deux écloséries d'eau douce mobiles : Sétif et Sidi Bel Abbes
- Fermes de crevetticulture marine et d'eau douce à Skikda et Ouargla

De plus, 29 Zones d'Activités Aquacoles Prioritaires (ZAAP) ont été identifiées, dont 10 ont été attribuées. Ces ZAAP serviront de terrains pour accueillir des projets de pisciculture et de conchyliculture. Un tableau résumant les espèces élevées et la production visée

est fourni en Annexe C.

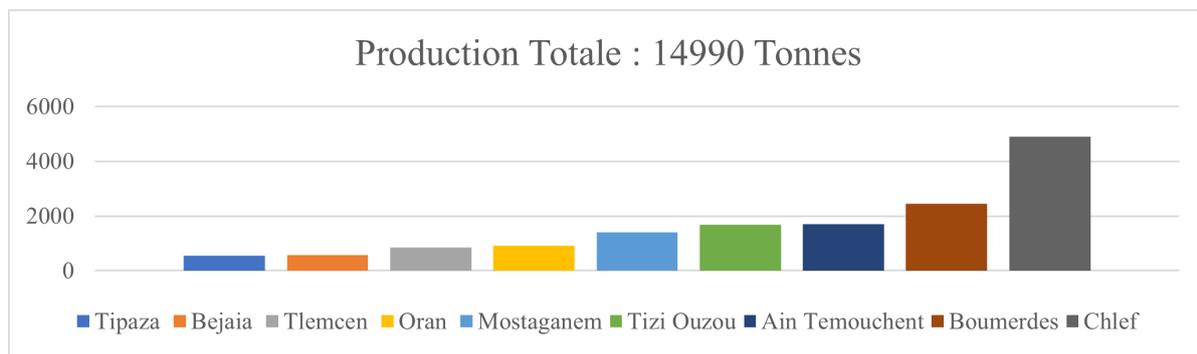


FIGURE 2.9 – Capacité de production des 19 projets d’aquaculture marine en activité

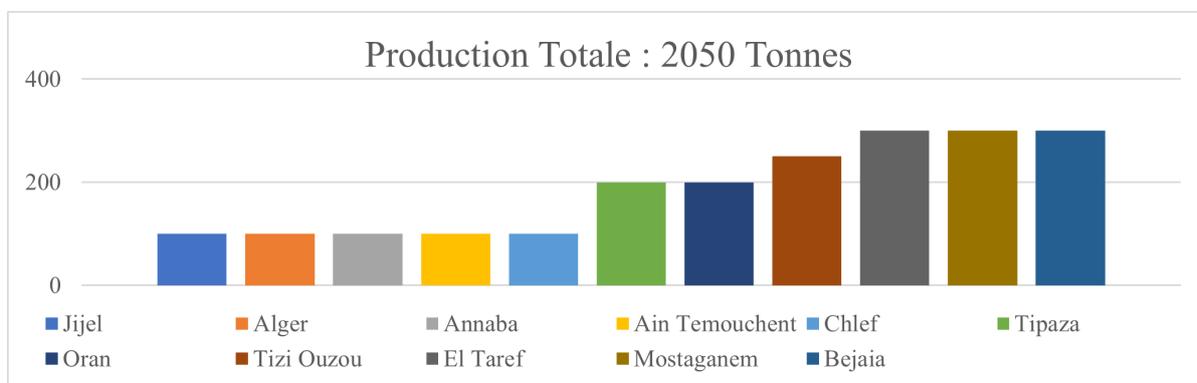


FIGURE 2.10 – Capacité de production des 21 projets d’aquaculture en eau douce en activité

2.4 Phase 2 - Données Requises (Data requirements)

A la lumière de la phase d’analyse précédente, nous procédons à la définition formelles des données requises pour notre étude. Pour cela, nous commençons par détailler les facteurs de risques et les réponses potentielles :

- Les activités de culture nécessite 3 facteurs clés : Climat adéquat, ressources hydriques nécessaires et sols adaptés.
- Le climat aride de l’Algérie rend la majorité des cultures difficiles sans une planification optimale de l’irrigation et des types de cultures adaptées (Serres, Fouggarat...).
- L’augmentation des effectifs animaux dépend de la disponibilité de fournisseurs d’équipement et d’infrastructures adéquates pour l’élevage et les activités liées

comme la production de lait (Electricité, Equipements, Transports.)

Afin de remédier à ces problèmes, nous proposons de fournir une panoplie de données utiles pour aider à optimiser ces activités à savoir :

- Dataset Climatique par zone avec les données statistiques et le type d'étage bioclimatique.
- Dataset Sol qui donne les types de sols par zone en Algérie.
- Dataset Crop qui comporte les propriétés et les besoins par culture.
- Dataset Acteurs socio-économiques qui regroupe l'ensemble de fournisseurs, d'éleveurs et de producteurs par zone afin de les mettre en lien les uns avec les autres.
- Dataset Infrastructures qui comporte les différents types de services comme les stations de service, le réseau électrique, les réseaux de transports . . .

Les différents Datasets seront transformés et chargés via un processus ETL en un entrepôt de données afin de permettre la visualisation, l'analyse efficace et la prise de décision.

2.5 Phase 2 - Données Requises (Data requirements)

Pour analyser l'économie agricole, nous avons besoin de facteurs environnementaux clés (voir chapitre 1, section 1.3). Ces facteurs sont : le climat (météo), la disponibilité de l'eau (ressources hydriques) et les types de sol. Chaque donnée peut être représentée sous formats différents. Certaines sont disponibles sous formes de tables sur des sites web, d'autres sont sous forme de rapports PDF ou images PNG, d'autres sont plus complexes comme les cartes interactives (données GeoJson).

Pour cela, nous optons pour les techniques de web-scraping et des API dans la phase de collecte. Nous détaillons cela dans la section suivante :

2.5.1 Tableaux de données statistiques

1. **Climat & Météo** : nous avons effectué la collecte des données sous format CSV à partir de la base de données mondiale de la FAO pour chaque wilaya de l'Algérie. Les statistiques d'Algérie sont collectées depuis 1962 jusqu'à 2024. [23]

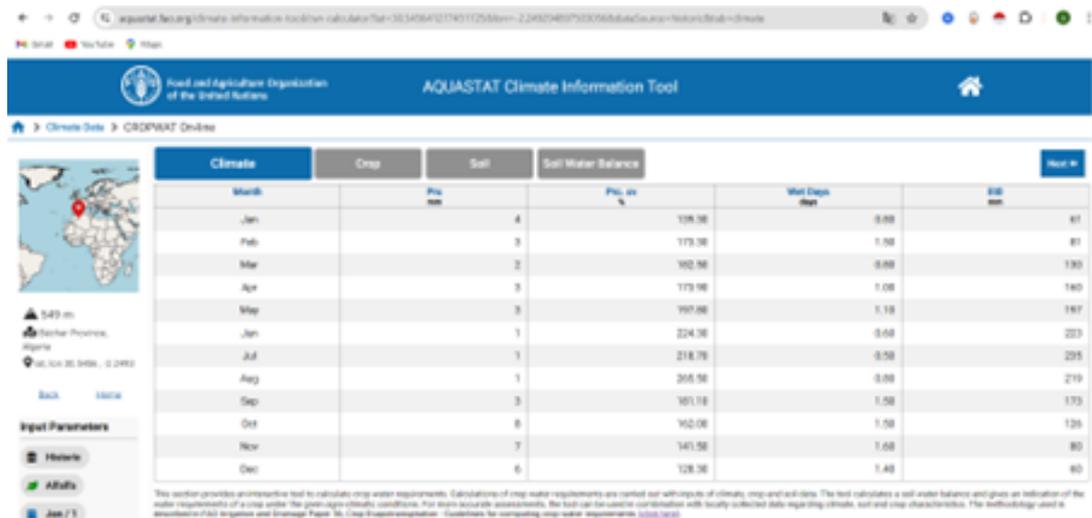


FIGURE 2.11 – Données climatiques de l’Algérie

2. **Historique des données agricoles** : nous avons récupéré les rapports et bilans fournis par le ministère de l’agriculture et du développement durable. Les données mises en ligne sont celles ces années 2016 à 2019 comme le montre la Figure 2.13. La prochaine campagne de recensement est prévue pour le mois de Mai 2024. [24]



FIGURE 2.12 – Les statistiques agricoles

2.5.2 Cartes statiques

A partir du rapport du ministère contenant l’étude sur la Neutralité dans la Dégradation des terres en Algérie (Rapport scientifique : ALGERIA - Neutralité en matière de dégradation

des terres), nous avons récupéré la carte des étages bio-climatiques en Algérie (Figure 2.14). Nous avons également récupéré la carte relatives aux types de sols en Algérie (Figure 2.15) à partir du site britannique : British Geological Surey contenant plus de 3700 articles scientifiques liés aux données géologiques de différents pays. [25]

La carte des étages bioclimatiques en Algérie a été récupérée sous format PDF. Afin d'exploiter cette carte, il est nécessaire d'effectuer le géo-référencement qui consiste à ajouter un niveau supplémentaire sur une carte dynamique (Google Maps ou Open Street Map). Voici les étapes utilisées afin de passer du format image (PDF et PNG) vers une carte dynamique avec coordonnées géographiques (Latitude et Longitude de chaque point) :

- **Étape 1** :Effectuer le Géo-Référencement sur une carte dynamique (Open Street Map) via un code Python comme dans l'exemple de la Figure 2.5. Il s'agit de superposer la carte statique sur une carte dynamique. Il suffit de fixer les bounds : Latitude min et max, Longitude min et max. Il faut bien définir ces valeurs jusqu'à ce que les frontières des deux cartes soient exactement aux mêmes points
- **Étape 2** : Comparer les pixels de l'image avec la légende de la carte. Dans cette étape, nous comparons chaque pixel avec la couleur de la légende. Dans la Figure 2.6, nous montrons les couleurs de la légende correspondant à chaque type de sol. Voici la signification de la légende :

AR = Arenosols	GY = Gypsisols	<pre> from pyproj import Proj, transform AR = (237, 232, 171) CL = (255, 255, 0) CM = (255, 166, 0) FL = (0, 191, 255) GY = (255, 250, 204) LP = (212, 212, 212) LV = (250, 128, 115) NT = (255, 161, 122) RG = (245, 222, 197) SC = (255, 0 , 255) VR = (148, 112, 219) WR = (135, 207, 250) </pre>
NT = Nitisols	SC = Solonchaks	
CL = Calcisols	LP = Leptisols	
FL = Fluvisols	VR = Vertisols	
CM = Cambisols	LV = Luvisols	
RG = Regosols	WR = Water	

TABLE 2.2 – Acronymes des types de sols

La couleur trouvée à chaque pixel est interprétée comme un type de sol et elle est associéé à la localisation (latitude et longitude).

- **Étape 3** :Dans un fichier CSV, les coordonnées sont stockées progressivement (Lat, Lon) avec le type de sol correspondant. Ce fichier sera le dataset des types de sols

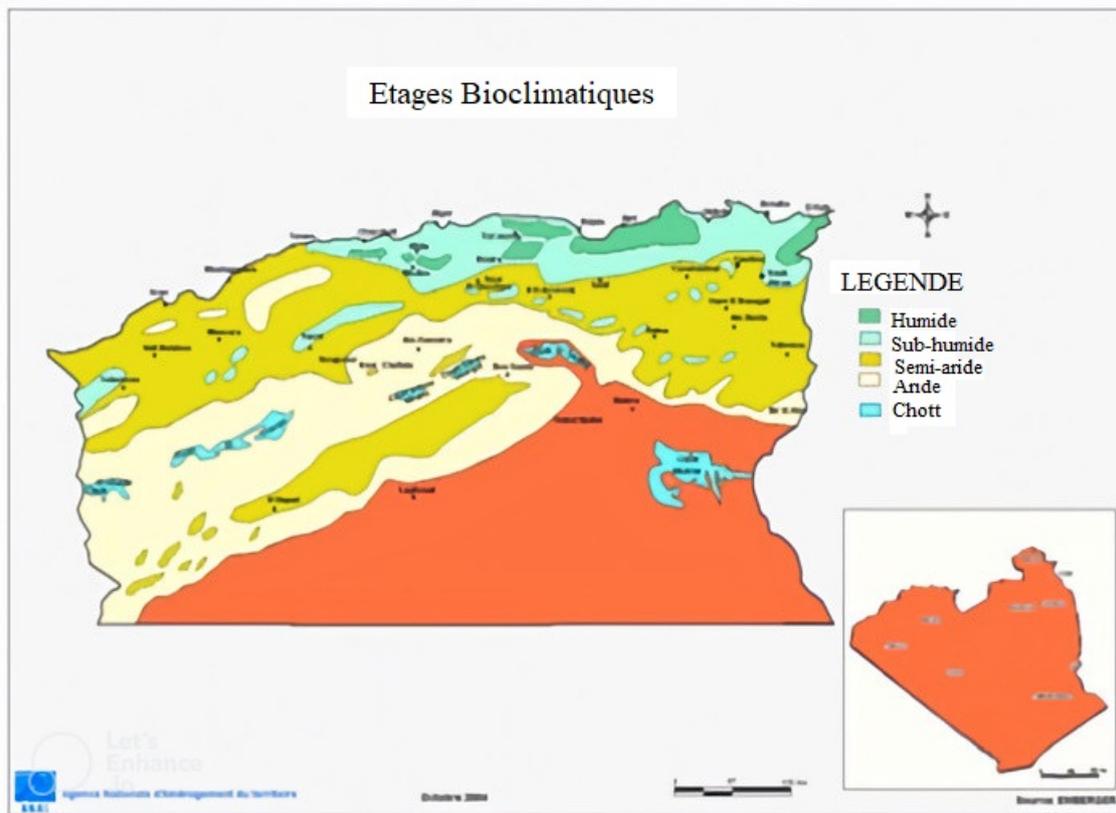


FIGURE 2.13 – Étages Bioclimatiques en Algérie dans un document PDF

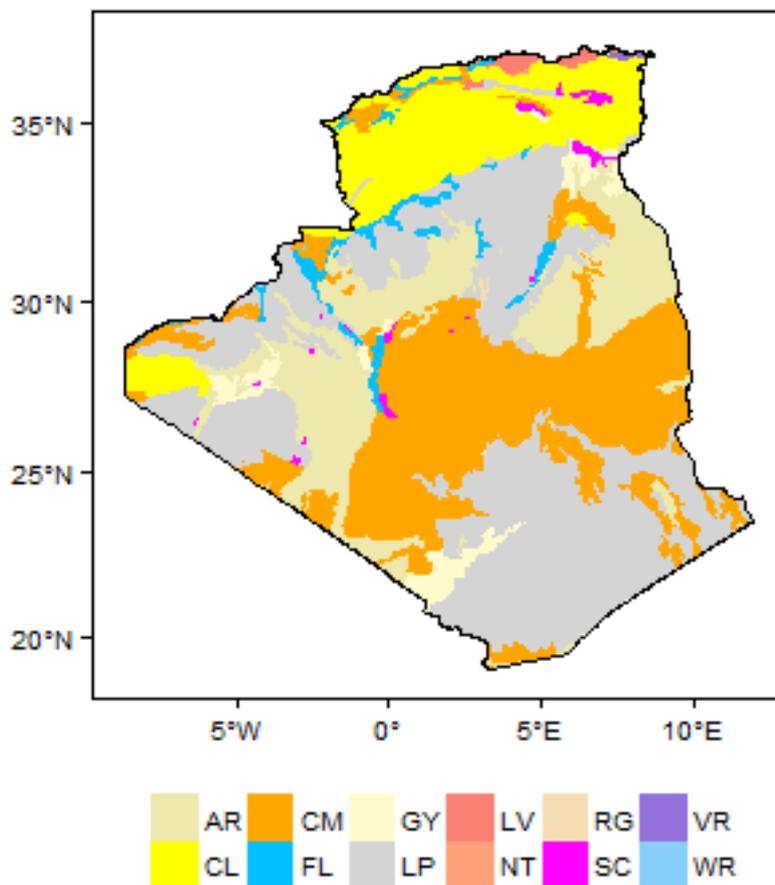


FIGURE 2.14 – Types de sols en Algérie

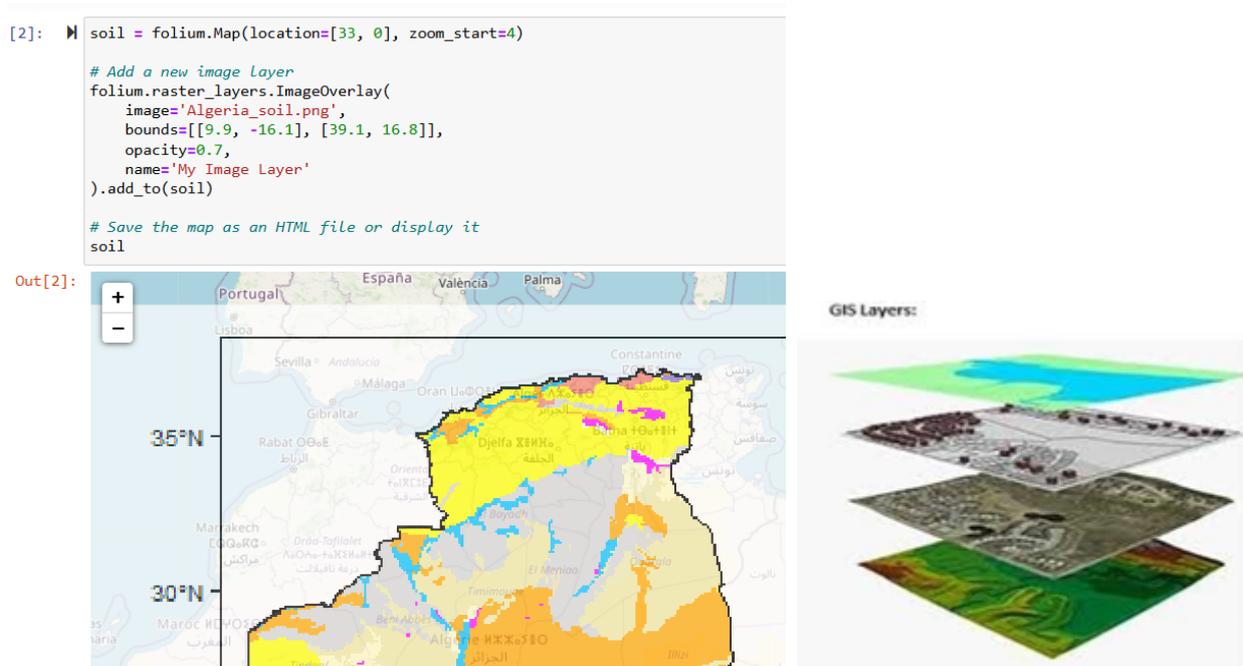


FIGURE 2.15 – Géoréférencement d'une carte statique sur une carte dynamique avec Python.

d'Algérie.

2.5.3 Cartes dynamiques

Plusieurs outils de web-scraping et API sont mis à la disposition des utilisateurs du web afin de collecter les données à partir des cartes. Parmi ces outils, citons : Overpass Turbo, Instant Data Scraper, et ImportFromWeb de Google Sheet. Dans ce travail, nous présentons les deux outils qui nous ont permis de récupérer les datasets requis pour notre étude, à savoir Overpass Turbo et Instant Data Scraper.

Overpass Turbo : C'est un site qui permet d'exécuter des requêtes sur les cartes en se basant sur les métadonnées géographiques. Par exemple, la requête suivante : «water=* in Algeria» permet de récupérer tous les points d'eau en Algérie quel que soit leur type (puits, château d'eau, foggara...). La Figure 2.16 montre l'exécution de la requête précédente.

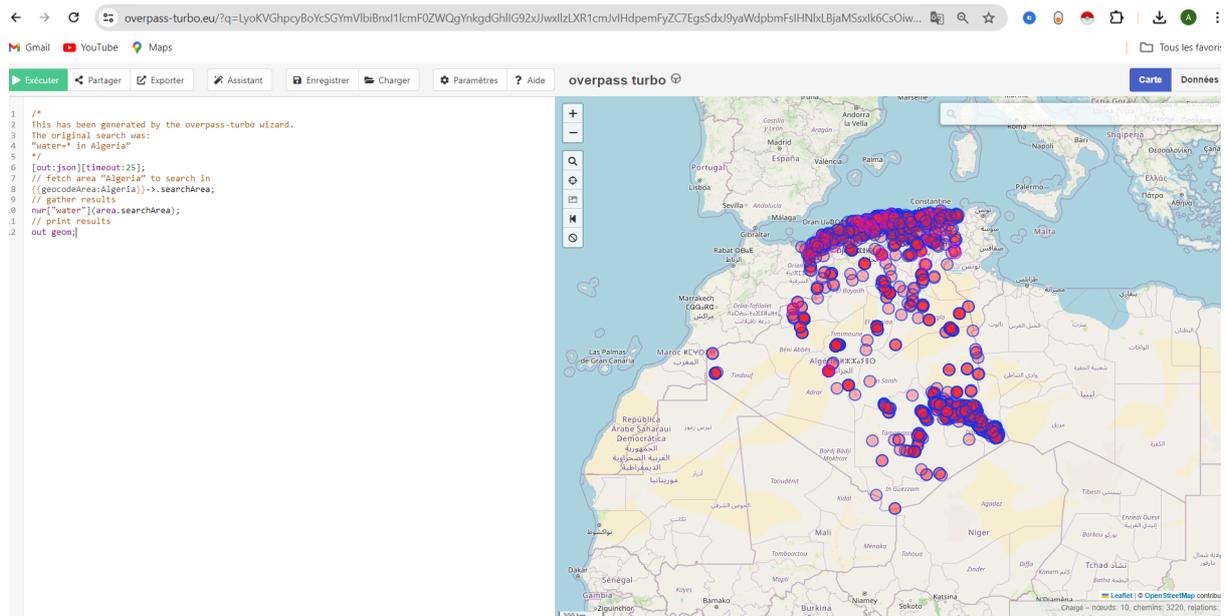


FIGURE 2.16 – Requête sur Overpass Turbo permettant de récupérer les points d’eau en Algérie.

Instant Data Scraper : Une extension qui permet de récupérer les objets d’une page web quelconque. Voici un exemple d’utilisation sur une carte Google Maps afin de récupérer les fournisseurs de produits agricoles en Algérie(Figure 2.17). Les données peuvent être exportées sous format CSV ou XLSX ...

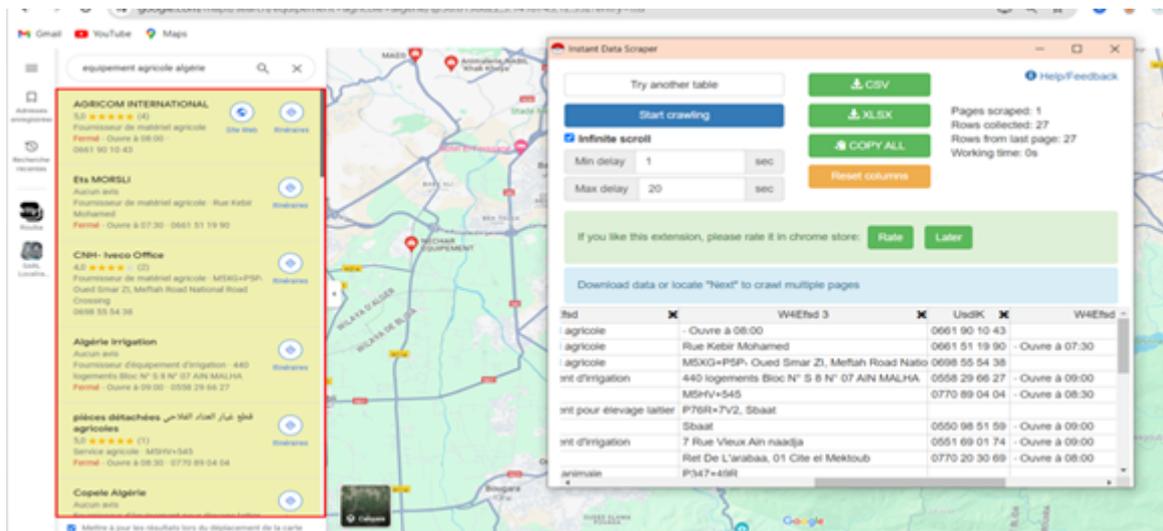


FIGURE 2.17 – Récupération des fournisseurs de materiel agricole via Instant Data Scraper..

2.6 Phase 4 - Préparation des données (Data Preparation)

Dans cette phase, nous détaillons les étapes suivies afin de nettoyer et réorganiser les données collectées sous formats exploitables pour le besoin du problème traité.

Pour le nettoyage, plusieurs valeurs manquantes ou incohérentes ont été remplacées dans les Datasets, notamment :

- Certains fournisseurs se trouvent dans d'autres pays (hors Algérie), ils ont été supprimés.
- Les données des fournisseurs ont été complétées pour certaines valeurs (coordonnées, adresse, téléphone...)
- Les sources d'eau et le réseau électriques hors Algérie sont supprimés.
- Les polygones des fichiers GeoJson sont remplacés par un seul point central du polygone (les fermes d'aquaculture, les serres...).
- Les données du Climat récupérées depuis le site de la FAO (Aquastat) ont été élaguées en gardant uniquement les données sur les températures et la précipitation.

Les données ont été réorganisées pour faciliter l'analyse visuelle comme suit :

- Dataset Climat : comporte la précipitation et les températures mensuelles organisées par wilaya (48 wilaya).
- Dataset Etages Bioclimatiques : le Dataset généré par Python comporte pour chaque géolocalisation (latitude et longitude), le type de climat correspondant.
- Dataset Ressources Hydriques : Les différents types de sources d'eau comme les puits, barrages, châteaux d'eau, Foggarra... représentés par latitude et longitude.
- Dataset Acteurs socio-économiques : L'ensemble des fournisseurs avec leurs adresse, contact et descriptions respectives.
- Dataset Infrastructures : plusieurs Datasets élémentaires pour le réseau routier, les stations de services, les voies ferrées...

2.7 Phase 5 – Modélisation (Modeling)

La modélisation consiste à proposer un modèle de classifieurs Machine Learning qui permet la prédiction des données futures en fonction des données actuelles.

Malheureusement, les données fournies par le ministère ne sont pas suffisantes pour entraîner un modèle de ML qui offre une précision élevée. Nous avons mentionné précédemment que les données concernent une dizaine d'année au meilleur des cas ce qui ne permet pas d'entraîner efficacement un modèle.

Pour illustrer cela, nous considérons l'exemple de prédiction des rendements de cultures non permanentes sur la base des données existantes réalisé dans l'étude de Kerkad A. [26]

Exemple : Prédiction et optimisation des rendements

En se basant sur les données fournies par le MADR, nous pouvons visualiser l'état des rendements par type de culture. Dans la Figure, les principales cultures annuelles sont illustrées en termes de rendement (Quintaux par Hectare, q/ha). Sur la base de ces données, une fonction de prédiction par régression polynomiale a été utilisée pour afficher la tendance et prévisions des rendements après 2019.

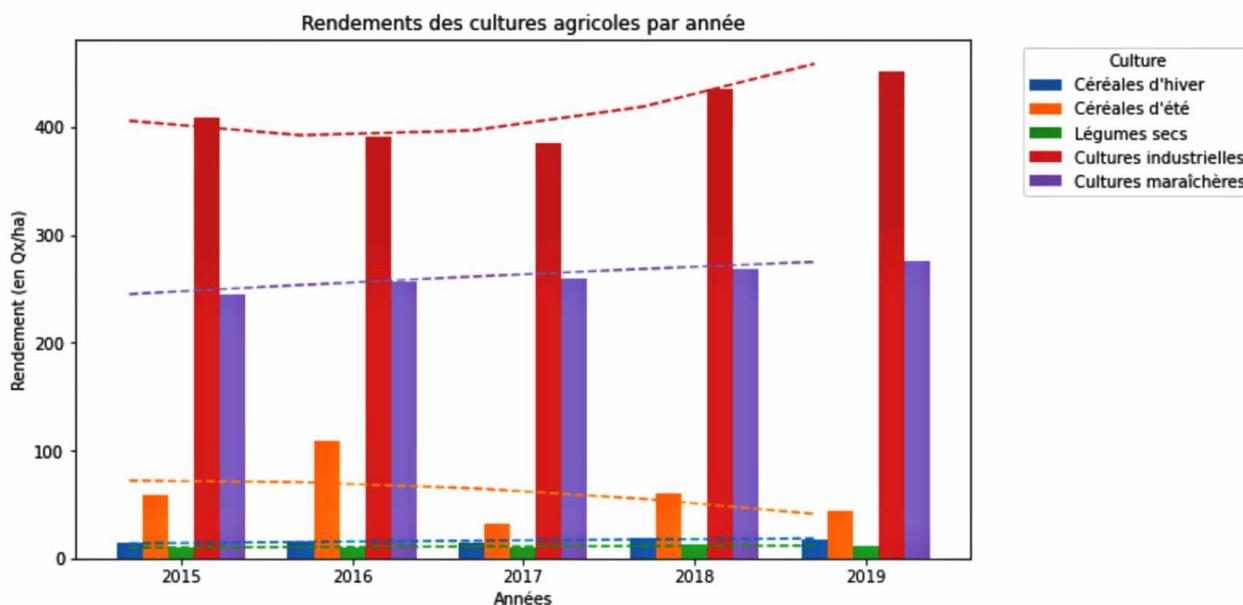


FIGURE 2.18 – Rendements des cultures agricoles par année.

```
# Ajouter les titres et la légende
ax.set_xlabel('Années')
ax.set_ylabel('Rendement (en Qx/ha)')
ax.set_title('Rendements des cultures agricoles par année')
ax.set_xticks(np.arange(len(years)) + width *
              (len(cultures) - 1) / 2)

ax.set_xticklabels(years)
ax.legend(title='Culture', bbox_to_anchor=(1.05, 1), loc='upper left')

# Ajouter la régression polynomiale
for i in range(len(cultures)):
    # Ajustement d'un polynôme de degré 2
    z = np.polyfit(range(len(years)), values[:, i], 2)
    p = np.poly1d(z)
    ax.plot(range(len(years)), p(range(len(years))),
            label=f'{cultures[i]} (Polynomial Regression)',
            linestyle='--')

# Afficher le graphique
plt.show()
```

FIGURE 2.19 – Modèle de régression polynomiale pour prédire les rendements graphiquement

Voici dans la figure 2.20 le modèle de régression polynomiale entraîné dans l'étude avec les valeurs prédites afin de prédire la valeur de rendement par type de culture.

L'analyse visuelle du graphe obtenu montre que dans les derniers recensements, les cultures céréalières d'hiver connaissent une augmentation significative dans les rendements contrairement aux céréales d'été. En contrepartie, tous les autres types sont relativement stables au fil des années.

```

from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures
from sklearn.pipeline import make_pipeline
from sklearn.linear_model import LinearRegression

# Dictionnaire pour stocker les prédictions pour chaque culture
predictions_2024 = {}

# Année à prédire
annee_a_predire = 2020

# Données d'entraînement (années 2015 à 2019)
X_train = np.arange(2015, 2020).reshape(-1, 1)

# Boucle sur chaque culture pour entraîner et prédire
for i in range(len(data['Culture'])):
    culture = data['Culture'][i]
    y_train = data[str(2015 + i)] # Les données de 2015 à 2019 pour cette culture
    y_train = np.array(y_train)

    # Créer des caractéristiques polynomiales jusqu'au degré 2
    degree = 2 # Degré du polynôme
    polynomial_features = PolynomialFeatures(degree=degree)

    # Créer le pipeline de transformation et de modèle
    model = make_pipeline(polynomial_features, LinearRegression())

    # Entraîner le modèle de régression polynomiale
    model.fit(X_train, y_train)

    # Prédire le rendement pour l'année 2024
    y_pred = model.predict([[annee_a_predire]])

    # Stocker la prédiction dans le dictionnaire
    predictions_2024[culture] = y_pred[0]

# Afficher les prédictions pour l'année 2024
for culture, prediction in predictions_2024.items():
    print(f"Prédiction du rendement moyen pour {culture} en {annee_a_predire}:", prediction)

```

```

Prédiction du rendement moyen pour Céréales d'hiver en 2020: 404.2000001082197
Prédiction du rendement moyen pour Céréales d'été en 2020: 396.94000002462417
Prédiction du rendement moyen pour Légumes secs en 2020: 447.62000008299947
Prédiction du rendement moyen pour Cultures industrielles en 2020: 448.0200001001358
Prédiction du rendement moyen pour Cultures maraîchères en 2020: 470.5800001434982

```

FIGURE 2.20 – Rendement des cultures annuelles

Dans ce même travail, une approche d'optimisation des plans de cultures non permanentes a été proposée. Elle se base sur les cultures prioritaires (sécurité alimentaire et industrie) comme la pomme de terre et la tomate. C'est pourquoi, l'auteur avait adopté un système de pondération dans la fonction Fitness de l'algorithme d'optimisation (algorithme génétique). Cette pondération consiste à attribuer des poids plus élevés aux cultures essentielles pour la sécurité alimentaire (pomme de terre) et pour l'industrie (to-

mate industrielle). La solution finale propose des plans de cultures annuelles pour toutes les villes d'Algérie avec les surfaces requises pour chaque culture.

2.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons suivi la méthodologie de data science afin d'analyser les données liées à l'économie agricole et de répondre à ces besoins. L'analyse a permis de cibler, collecter et préparer les données requises en utilisant les techniques de web-scraping. Ceci nous permettra d'offrir des tableaux de bord analytiques et des cartes interactives répondant au mieux aux besoins des différents acteurs.

Etude Conceptuelle

3.1 Définition d'UML

L'UML (Unified Modeling Language) est un langage graphique largement utilisé dans le domaine de l'informatique pour la modélisation des systèmes. Principalement utilisé dans le cadre de la programmation orientée objet, il fournit une méthode standardisée pour représenter graphiquement les éléments d'un système logiciel. En utilisant une variété de diagrammes, l'UML permet de visualiser et de décrire à la fois la structure et le comportement des objets présents dans un système. Cette approche simplifie la représentation des systèmes complexes et facilite la communication entre les membres de l'équipe de développement. [27]

3.2 Diagrammes de cas d'utilisation

En langage UML, les diagrammes de cas d'utilisation modélisent le comportement d'un système et permettent de capturer ses exigences. Ces diagrammes décrivent les fonctions générales et la portée du système, tout en identifiant les interactions entre celui-ci et ses acteurs. Les cas d'utilisation et les acteurs illustrent ce que fait le système et comment les acteurs l'utilisent, sans toutefois montrer son fonctionnement interne.

Les diagrammes de cas d'utilisation définissent le contexte et les exigences d'un système entier ou de ses parties essentielles. Un système complexe peut être modélisé avec un seul diagramme de cas d'utilisation, ou avec plusieurs diagrammes pour modéliser ses différents composants. Ces diagrammes sont principalement développés lors des premières phases

d'un projet et servent de référence tout au long du processus de développement.

Les éléments de modèle dans les diagrammes de cas d'utilisation incluent :

Cas d'utilisation : décrit une fonction que le système exécute pour atteindre un objectif utilisateur, produisant un résultat observable et utile pour l'utilisateur.[28]

On va présenter les différents cas d'utilisation associés à notre système dans ce tableau :

Fonction	Cas d'utilisation	Acteurs
Visualiser les facteurs environnementaux	Permet au client de visualiser différents types de sols, climats et les ressources hydriques pour une zone donnée.	Client
Visualiser les infrastructures	Permet au client de visualiser les infrastructures telles que les stations de bus, les stations-service, les puits, les châteaux et les chemins de fer dans une zone spécifique.	Client
Visualiser les acteurs	Permet au client de visualiser les acteurs présents dans la zone, tels que les magasins, les fournisseurs d'énergie et les fournisseurs agro.	Client
Gérer le tableau de bord	Permet à l'administrateur de gérer le tableau de bord de l'application, y compris l'affichage des données et des analyses pertinentes.	Administrateur
Mettre à jour les paramètres de l'application	Permet à l'administrateur de mettre à jour les paramètres de l'application, tels que les préférences de l'utilisateur, les réglages de sécurité, etc.	Administrateur
Gérer la carte interactive	Permet à l'administrateur de gérer la carte interactive de l'application, y compris l'ajout, la modification ou la suppression de données cartographiques et d'éléments interactifs.	Administrateur

TABLE 3.1 – Les différents cas d'utilisation de notre système

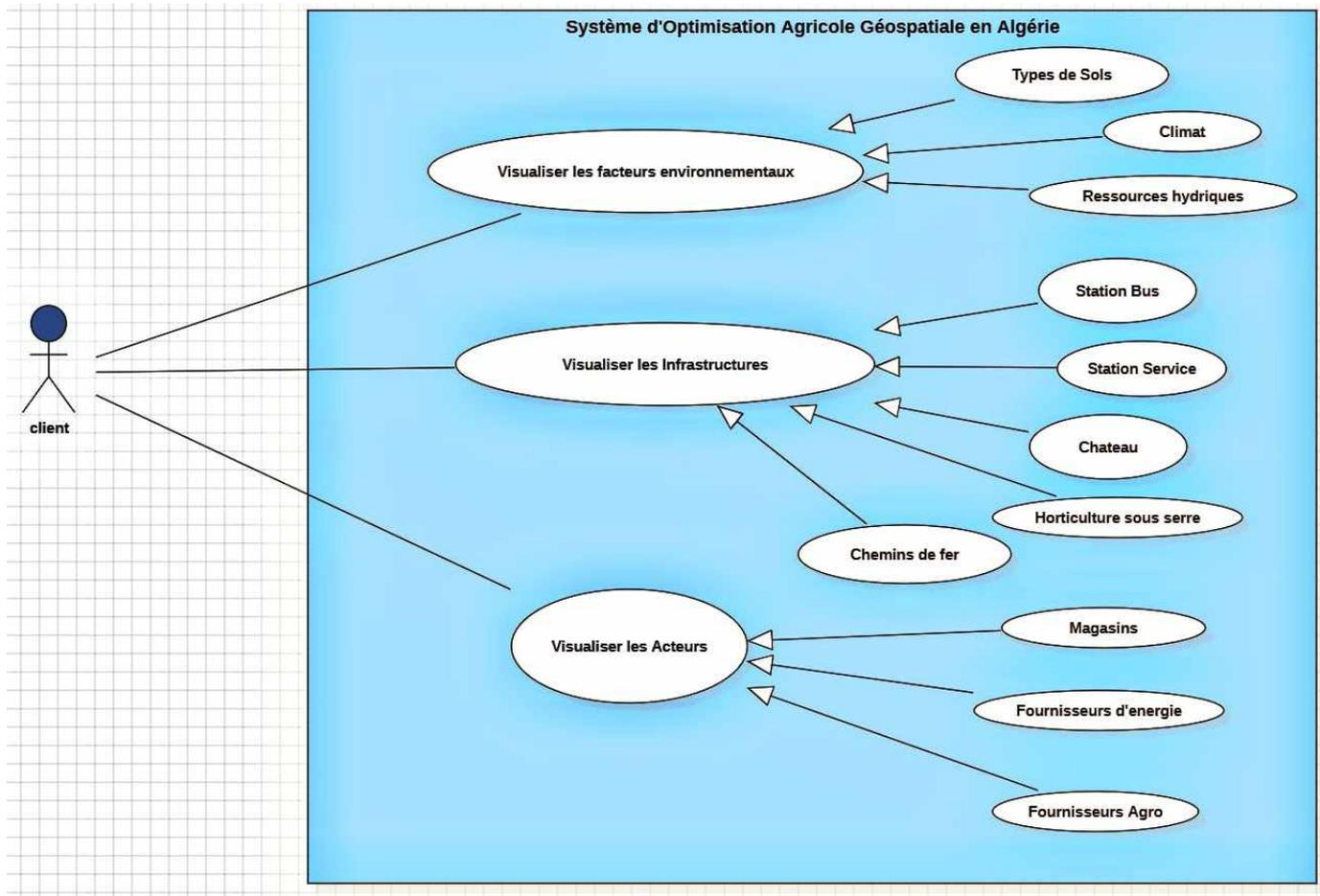


FIGURE 3.1 – Diagramme de cas d'utilisation pour Client

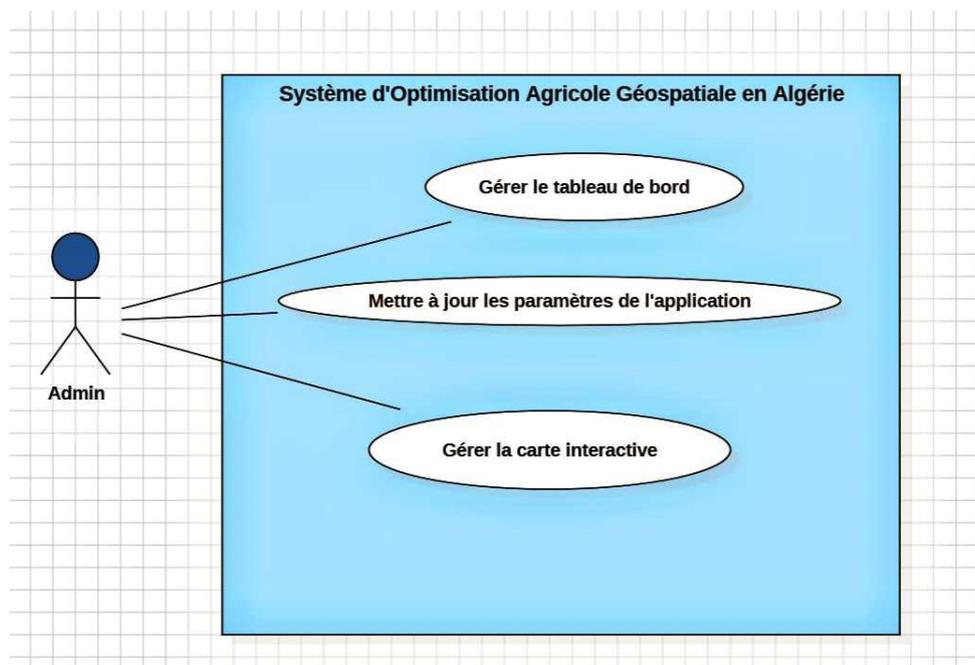


FIGURE 3.2 – Diagramme de cas d'utilisation pour l'administrateur

3.3 Diagrammes de séquence

Un diagramme de séquence est un type de diagramme UML (Unified Modeling Language) utilisé en génie logiciel et en conception de systèmes pour visualiser les interactions et la communication entre divers composants ou objets d'un système. Ces diagrammes sont particulièrement utiles pour décrire le comportement dynamique d'un système et montrer comment les différents composants collaborent pour réaliser une tâche ou atteindre un objectif spécifique. Ils sont couramment employés pendant les phases de conception et de documentation du développement logiciel.

Les éléments et concepts clés d'un diagramme de séquence incluent :

- **Lignes de vie** : Elles représentent les objets ou composants individuels impliqués dans l'interaction, généralement illustrées par une ligne verticale avec leur nom placé en haut.
 - **Messages** : Ce sont les flèches ou lignes horizontales reliant les lignes de vie, indiquant l'ordre des messages échangés entre les objets. Les messages peuvent être synchrones (bloquants) ou asynchrones (non bloquants) et sont habituellement étiquetés pour décrire l'action ou la méthode invoquée.
 - **Barres d'activation** : Elles indiquent la période pendant laquelle un objet est actif et traite un message. Représentées par un rectangle vertical sur la ligne de vie, elles montrent la durée de l'implication de l'objet dans l'interaction.
 - **Messages de retour** : Ils montrent la réponse d'un objet à un message reçu, représentés par une ligne pointillée et étiquetés pour indiquer le résultat ou la valeur retournée.
 - **Fragments facultatifs** : Les diagrammes de séquence peuvent également inclure des fragments tels que des boucles, des conditionnels et des chemins alternatifs, permettant d'illustrer différents scénarios et points de décision dans l'interaction.
- [29]

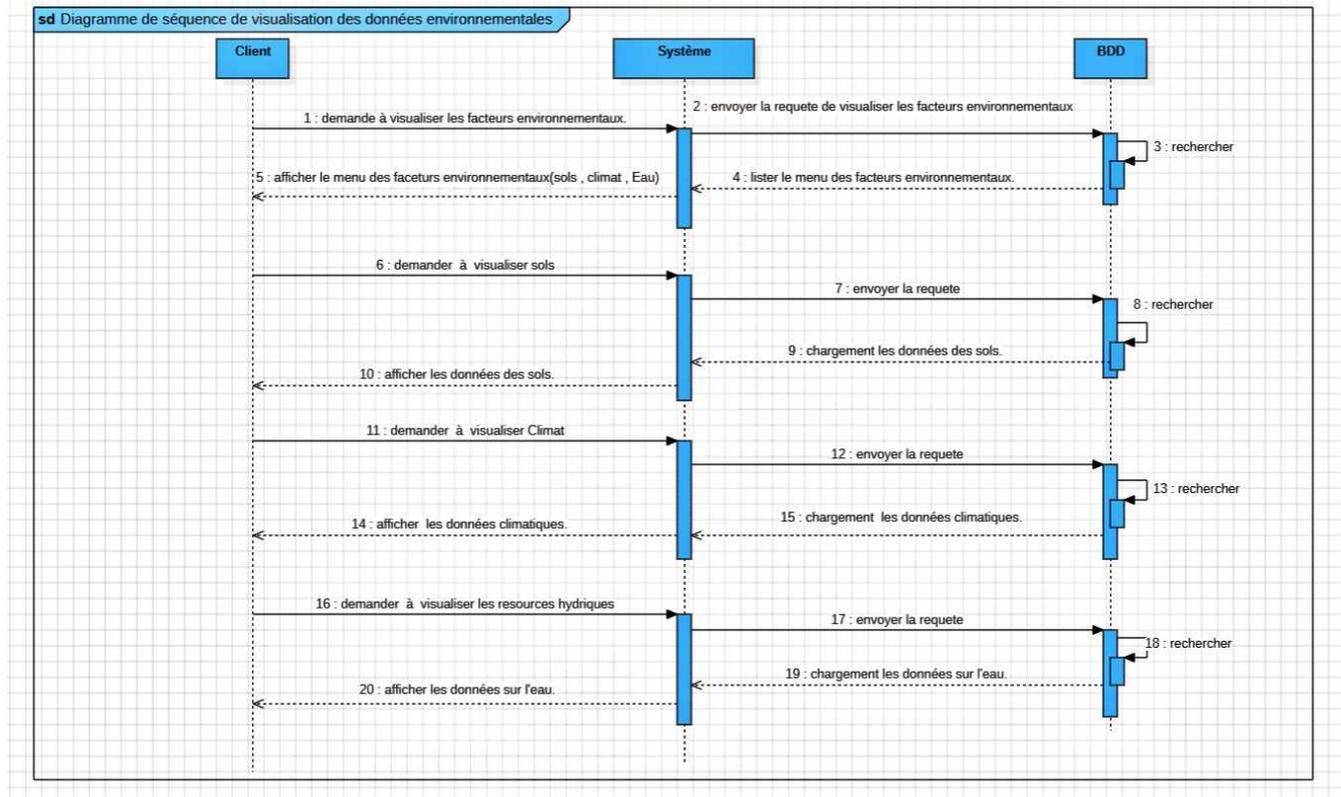


FIGURE 3.3 – Diagramme de séquence pour la visualisation des facteurs environnemen-
taux

Interaction	Explication
Client → Système : Demander à visualiser les facteurs environnementaux	Le client initie une demande pour visualiser les facteurs environnementaux disponibles.
Système → BDD : Envoyer la requête de visualisation	Le système envoie une requête à la base de données pour obtenir les facteurs environnementaux.
BDD → BDD : Recherche des facteurs environnementaux	La base de données effectue une recherche interne pour trouver les informations demandées.
BDD → Système : Lister le menu des facteurs environnementaux	La base de données retourne la liste des facteurs environnementaux au système.
Système → Client : Afficher le menu des facteurs environnementaux (sols, climat, eau)	Le système affiche au client le menu des facteurs environnementaux disponibles.
Client → Système : Demander à visualiser [facteur]	Le client sélectionne un facteur spécifique à visualiser (sols, climat ou eau).
Système → BDD : Envoyer la requête de visualisation [facteur]	Le système envoie une requête à la base de données pour obtenir les détails du facteur sélectionné.
BDD → BDD : Recherche [facteur]	La base de données effectue une recherche interne pour trouver les informations détaillées du facteur sélectionné.
BDD → Système : Chargement des données [facteur]	La base de données retourne les détails du facteur sélectionné au système.
Système → Client : Afficher les données [facteur]	Le système affiche les détails du facteur sélectionné au client.

TABLE 3.2 – Tableau descriptif du diagramme de séquence pour la visualisation des facteurs environnementaux

3.4 Diagramme de Classe

Un diagramme de classe est un type de diagramme UML (Unified Modeling Language) utilisé en génie logiciel et en conception de systèmes pour modéliser la structure statique d'un système. Il décrit les classes du système, leurs attributs, méthodes et les relations entre ces classes. Les diagrammes de classe sont essentiels pour visualiser les objets et leurs interactions dans un système, permettant ainsi de comprendre et de concevoir l'architecture du logiciel.

Les éléments principaux d'un diagramme de classe incluent :

- **Classes** : Représentent les objets ou entités du système, contenant des attributs (propriétés) et des méthodes (comportements).
- **Attributs** : Caractéristiques ou propriétés des classes.
- **Méthodes** : Fonctions ou opérations que les classes peuvent effectuer.
- **Relations** : Illustrent les associations, généralisations, dépendances et autres liens entre les classes. [30] ‘

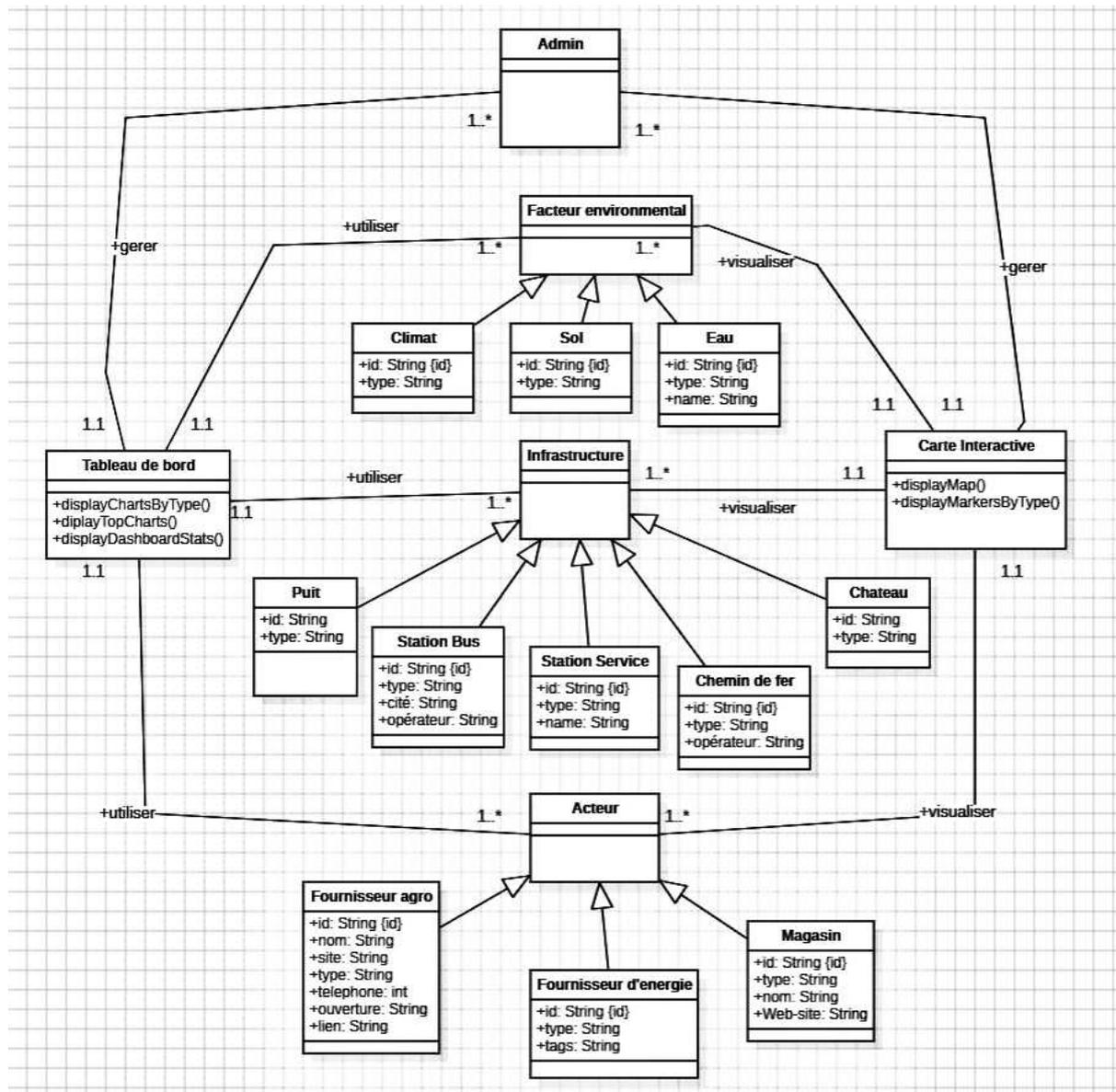


FIGURE 3.4 – Diagramme de Classe

Classe	Description et Relations
Administrateur	Peut gérer le tableau de bord et la carte interactive.
Tableau de bord	Utilise les facteurs environnementaux, les infrastructures et les acteurs.
Carte interactive	Permet de visualiser les facteurs environnementaux, les infrastructures et les acteurs.
Facteur environnemental	Composé des classes Climat, Sols et Eau.
Climat	Sous-classe de Facteur environnemental.
Sols	Sous-classe de Facteur environnemental.
Eau	Sous-classe de Facteur environnemental.
Infrastructures	Composé des classes Chemin de fer, Château, Puits, Station-service et Station de bus.
Puits	Sous-classe d'Infrastructures.
Chemin de fer	Sous-classe d'Infrastructures.
Château	Sous-classe d'Infrastructures.
Station-service	Sous-classe d'Infrastructures.
Station de bus	Sous-classe d'Infrastructures.
Acteur	Composé des classes Magasin, Fournisseur d'énergie et Fournisseur agro.
Fournisseur agro	Sous-classe d'Acteur.
Fournisseur d'énergie	Sous-classe d'Acteur.
Magasin	Sous-classe d'Acteur.

TABLE 3.3 – Tableau descriptif du diagramme de classes

3.5 Entrepôt de Données

La conception d'un entrepôt de données nécessite de passer d'un ensemble de données sources vers un schéma cible qui permet de faire le Reporting selon des axes d'analyse bien définis. La Figure suivante montre le processus de conception typique d'un entrepôt jusqu'à son exploitation. [31]

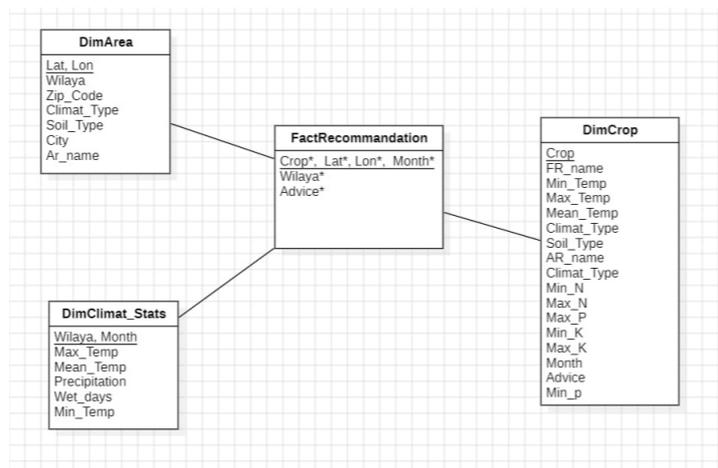


FIGURE 3.5 – Architecture d'un entrepôt de données

1. Schéma cible :

Pour l'aide à la prise de décision nous avons choisi de concevoir un entrepôt de données relationnel utilisant les axes d'analyse précédemment étudiés à savoir : Climat, Sol et Plante (crop). Les faits sont les recommandations qui sont déduites à partir des dimensions. Pour cela, nous avons opté pour le type de table de faits récapitulative qui est générée via une requête SQL pour charger les faits en filtrant les dimensions.

Tables de dimension :

- **Climat_Stats** (Wilaya, Month, Min_Temp, Max_Temp, Mean_Temp, Precipitation, Wet_days)
- **Crop** (Crop, Ar_name, Fr_name, Mix_Temp, Max_Temp, Mean_Temp, Min_N, Max_N, Min_P, Max_P, Min_K, Max_K, Months, Advice,... Climat_Type, Soil_Type)
- **Area** (Lat, Lon, City, Ar_name, Zip_Code, Climat_Type, Soil_Type)

Table des faits :

- **Recommandation** (Lat*, Lon*, Crop*, Month*, Wilaya*, Advice*)

Voici le schéma en étoile représentant les tables de faits et les dimensions de l'entrepôt de données pour le système d'aide à la décision en agriculture :

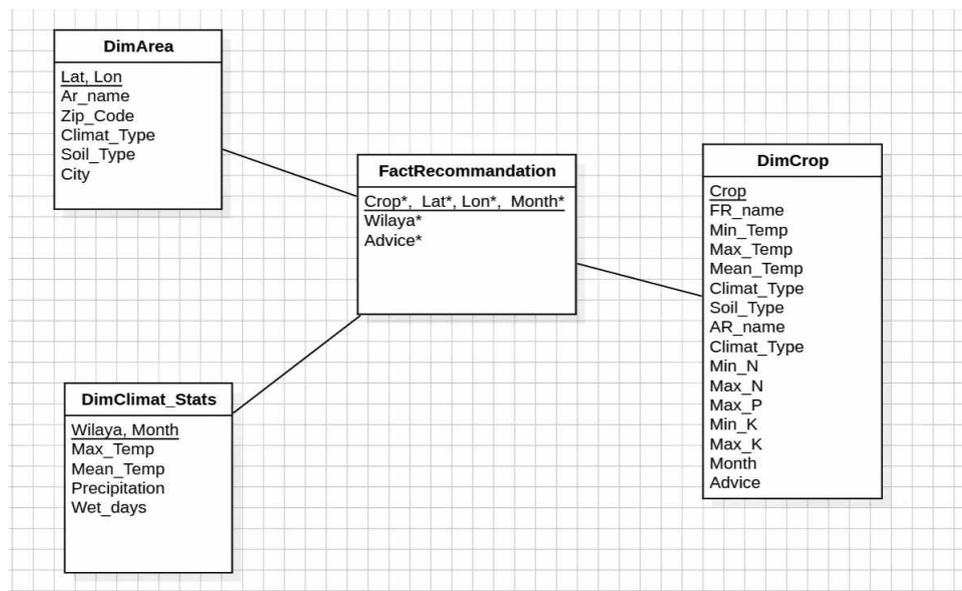


FIGURE 3.6 – Schéma en étoile pour l'entrepôt de données agricoles.

Ce schéma représente le schéma cible de la phase de construction de l'ED. Maintenant, à partir du schéma source (toutes les tables et les fichiers utilisés dans l'outil) nous allons définir le processus ETL qui permet le remplissage automatique de notre entrepôt.

2. **Processus ETL** : Habituellement, le processus ETL est réalisé via des outils de définition de Job comme TALEND ou autres. Pour notre étude, et ayant effectué le nettoyage et la préparation en amont, nous avons défini nos Jobs directement à l'aide de requêtes SQL comme suit :

- **Job 1** : Garder le schéma initial des tables **Crop**, **Area**, **Climat_Stat**.
- **Job 2** : Ajouter l'attribut **Soil_Type** pour le schéma **Area** via une requête SQL :

À partir de la table source **Soil_Type**, nous remplissons l'attribut **Soil_Type** en comparant la latitude et la longitude de la région.

Requête SQL :

```
update Area a set soil_type = (select type from Soil_Type sl where
TRUNCATE(a.Lon,1) = TRUNCATE(sl.Lon,1) and
TRUNCATE(a.Lat,1) = TRUNCATE(sl.Lat,1) );
```

- **Job 3** : Ajouter l'attribut **Climat_Type** pour le schéma **Area** via une requête SQL :

De la même manière, à partir de la table source **Etage_Bioclimate**, nous remplissons l'attribut **Climat_Type** en comparant la latitude et la longitude de chaque région.

Requête SQL :

```
update Area a set Climat_type = (select type from Etage_Bioclimate et
TRUNCATE(a.Lon,1) = TRUNCATE(et.Lon,1) and
TRUNCATE(a.Lat,1) = TRUNCATE(et.Lat,1) );
```

Table de Faits récapitulative : Ayant choisi le type de table de faits récapitulative, voici la requête utilisée pour le remplissage de celle-ci :

Requête SQL :

```
create table recommandation
select a.lat, a.lon, c.Crop, a.wilaya, cl.Month, c.Observation
from area a join crop c join climat_stat cl
where a.wilaya = cl.WILAYA
and c.Temp_Mean between cl.Tmp_Mean - 5 and cl.Tmp_Mean + 5
and (a.type_soil in ('VR','CM','LV','NT') and c.Loam = ''
or a.type_soil in ('FL','LV','SC','RG') and c.Silt = ''
or a.type_soil in ('AR','RG') and c.Sand = '')
and((a.type_climat LIKE '%ARIDE%' and c.Climate LIKE '%Aride%')
or (a.type_climat LIKE '%HUMIDE%' and c.Climate LIKE '%Humide%')
or (a.type_climat LIKE '%CHOTT%' and c.Climate LIKE '%Humide%'));
```

Ici nous comparons si le type de sol est compatible avec le type de sol pour chaque plante, et si le type de climat l'est aussi. Nous vérifions aussi si les plages de températures sont adaptées. La mise à jour ou l'insertion dans les dimensions sera ainsi suivie d'un trigger de mise à jour pour la table de faits utilisant la même requête select utilisée lors de la création.

3. Exploitation de l'Entrepôt de Données :

Pour le Reporting, nous optons pour l'utilisation des Dashboard pour la visualisa-

tion et le filtrage personnalisé des données. Les attributs des différentes dimensions permettent de recommander les meilleures cultures selon le type de sol, ainsi que la méthode et le mois adaptés pour cette culture. Ils permettent aussi de fournir des conseils complémentaires pour l'ajout de fertilisant, pour le besoin en eau ou encore par rapport à la sensibilité au vent . . .

3.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'aspect conceptuel de notre projet à travers les diagrammes de base de l'UML :

- Diagramme de cas d'utilisation
- Diagramme de classe
- Diagramme de séquence

Grâce à cette modélisation, nous avons pu simplifier et clarifier la structure de notre système en détaillant les interactions principales, les composants essentiels et les flux de données critiques à l'aide de diagrammes. Cela a permis une meilleure compréhension des besoins fonctionnels et non fonctionnels, facilitant ainsi l'optimisation et l'efficacité des processus mis en place pour soutenir l'économie agricole en Algérie. Après avoir établi notre schéma de base de données opérationnelle pour le site web global, nous avons opté pour la création d'un entrepôt de données pour l'aide à la prise de décision. Le reporting et les recommandations basés sur les données stockées seront réalisés via des tableaux de bord et des cartes interactives, qui seront intégrés dans notre site web, détaillé dans le prochain chapitre.

Réalisation

4.1 Introduction

Ce chapitre final de notre rapport se compose de deux sections distinctes. La première section est consacrée à la description de l'environnement de développement, tant matériel que logiciel, utilisé. La seconde section présente un aperçu du travail de codage effectué avec notamment les interfaces graphiques de notre application et une brève description de chaque interface et son rôle.

4.2 Environnement de développement

4.2.1 Langage

HTML : HTML, acronyme de « HyperText Markup Language », est un langage de balisage utilisé spécifiquement pour structurer et organiser le contenu des pages web. Il permet de définir la hiérarchie des éléments présents sur une page, tels que les titres, les paragraphes, les images et les liens, en utilisant des balises pour encadrer et délimiter chaque élément. HTML est essentiel dans la création de sites web, car il fournit le cadre de base pour la présentation du contenu en ligne. En résumé, HTML constitue le langage de base qui définit la structure et le contenu d'une page web.[32]

CSS : Les Cascading Style Sheets (CSS) sont un langage informatique utilisé pour définir le design et l'apparence des documents électroniques. Grâce à des instructions simples et claires, les développeurs peuvent contrôler la mise en page, les couleurs, et les

polices des éléments d'une page web. Les feuilles de style en cascade permettent de séparer la présentation visuelle du contenu sémantique d'une page, préservant ainsi son intégrité structurelle.[33]

PHP : Le PHP, abréviation de Hypertext Preprocessor, est un langage informatique largement utilisé dans la création de sites web dynamiques. Créé dans les années 1990 par Rasmus Lerdorf, il est distribué sous licence libre, permettant à quiconque de l'utiliser gratuitement. Associé souvent à MySQL et Apache, ainsi qu'à Linux dans la suite LAMP, il est principalement utilisé côté serveur pour générer du code HTML, CSS, XHTML, des données graphiques et des fichiers PDF. Réputé pour sa fiabilité et ses performances, il reste un choix populaire pour le développement web.[34]

Javascript : JavaScript est un langage de programmation essentiel dans le développement web, offrant une interactivité cruciale aux pages web statiques et aux applications en ligne. En tandem avec le HTML et le CSS, il constitue l'une des principales technologies web, permettant de créer des expériences internet dynamiques. Sans JavaScript, les pages web resteraient statiques, affichant simplement du contenu immobile. JavaScript donne vie au contenu en permettant l'intégration d'éléments dynamiques tels que des animations, des mises à jour de contenu et des fonctionnalités interactives comme les chatbots.[35]

LATEX :

LaTeX est à la fois un langage de balisage et un logiciel de composition de documents, largement utilisé dans la communauté scientifique. Il permet aux auteurs de se concentrer sur la structure et le contenu de leur texte, en prenant en charge la plupart des aspects de la mise en page. Cela facilite la rédaction de documents volumineux tels que des mémoires et des thèses. De plus, LaTeX excelle dans la gestion des symboles et des équations mathématiques .[36]

Bootstrap :

Bootstrap est un framework de développement front-end gratuit et open source, conçu pour la création de sites web et d'applications web. Il offre une collection de syntaxes pour la conception de modèles, facilitant ainsi le développement réactif de sites web adaptés aux

appareils mobiles. En utilisant Bootstrap, les développeurs bénéficient d'une base solide pour le développement web réactif, avec un système de grille préétabli simplifiant l'insertion du code. Basé sur HTML, CSS et JavaScript, Bootstrap permet aux développeurs de créer des sites web plus rapidement, en éliminant la nécessité de se préoccuper des fonctions et commandes de base.[37]

Laravel : Laravel représente un cadre web PHP gratuit et open-source conçu par Taylor Otwell, visant à faciliter le développement d'applications web en suivant le modèle architectural Modèle-Vue-Contrôleur (MVC). Basé sur Symfony, Laravel offre diverses fonctionnalités telles qu'un système de packaging modulaire avec un gestionnaire de dépendances dédié, plusieurs méthodes d'accès aux bases de données relationnelles, des outils pour faciliter le déploiement et la maintenance des applications, ainsi qu'une syntaxe concise et agréable à utiliser. [38]

4.2.2 Machine

Pour la réalisation de notre projet, nous avons utilisé comme environnement matériel des ordinateurs ayant les caractéristiques suivantes :

Composant	Spécification
Processeur	Processor Intel(R) Core(TM) i5-7300HQ CPU
Mémoire RAM	12.00 Go
Carte Graphique	Intel(R) HD Graphics Family NVIDIA GeForce 820M

TABLE 4.1 – Environnement matériel

4.2.3 Outils

PhpMyAdmin :

phpMyAdmin est un outil puissant conçu pour simplifier la gestion des bases de données MySQL. Facile à installer et à configurer, il offre aux développeurs et aux administrateurs système une solution conviviale et efficace pour gérer les bases de données. C'est l'un des outils les plus populaires, permettant aux utilisateurs de créer, modifier et rechercher des

données dans des bases de données MySQL.[39]

Visual Studio Code :

Visual Studio Code (VSCode) est un éditeur de code source et un environnement de développement intégré (IDE) développé par Microsoft. Il est open-source et multiplateforme, fonctionnant sur Windows, Linux et macOS. Bien qu'il soit initialement destiné aux développeurs web, il supporte de nombreux autres langages de programmation tels que C++, C, Python, Java, et bien d'autres. Parmi ses fonctionnalités, on trouve la coloration syntaxique, l'auto-complétion, la mise en évidence des erreurs, la navigation dans le code, le débogage, la gestion des versions, et l'intégration avec Git. De plus, il est extensible grâce à une vaste collection d'extensions créées par la communauté, permettant aux développeurs de personnaliser l'éditeur selon leurs besoins.[40]

Serveur MySQL :

MySQL est un système de gestion de base de données (SGBD) relationnel open source basé sur SQL, actuellement maintenu par Oracle, l'entreprise à l'origine du langage de programmation Java. Fonctionnant comme un système client-serveur, MySQL permet aux utilisateurs de formuler des requêtes en langage SQL pour interagir avec la base de données, qui sert de serveur stockant toutes les informations pertinentes. MySQL est reconnu pour sa grande indépendance vis-à-vis des plateformes, étant compatible avec plus de 20 systèmes d'exploitation différents, dont Windows, macOS et Linux.[41]

StarUML :

StarUML est un logiciel de modélisation UML doté d'une interface utilisateur graphique conviviale et de fonctionnalités puissantes pour créer divers types de diagrammes UML. Il prend en charge UML 2.x et offre une gamme de fonctionnalités utiles pour les développeurs et les analystes, facilitant la conception et la documentation des logiciels. L'utilisation de StarUML varie selon les besoins spécifiques du projet et les préférences de l'utilisateur, mais il est généralement apprécié pour sa polyvalence et sa facilité d'utilisation dans le domaine de l'ingénierie logicielle.[42]

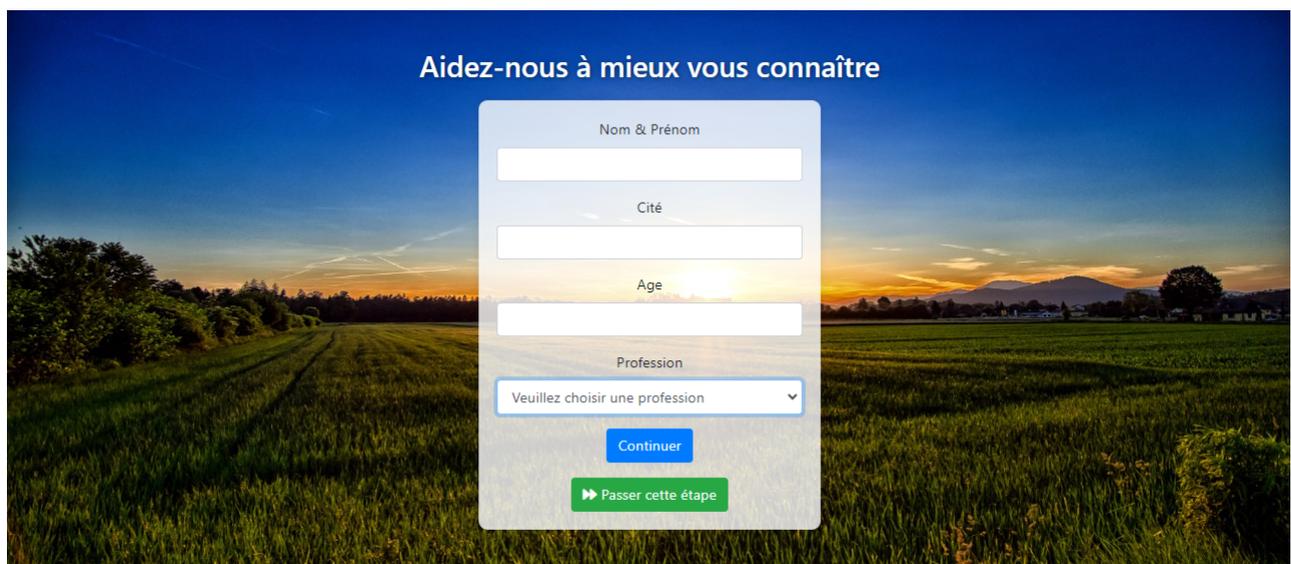
XAMPP :

XAMPP est un outil permettant aux programmeurs de créer et tester des sites web localement sur leur PC sans avoir besoin d'accéder à un serveur externe ou à une connexion Internet. Comme il simplifie le processus d'installation et de gestion des logiciels de développement web local, cette approche est largement appréciée tant par les débutants que par les experts.[43]

4.3 L'application web pour l'analyse et l'optimisation

4.3.1 Page d'accueil

Nous avons intégré un formulaire sur notre page d'accueil pour avoir une idée sur les utilisateurs de notre application web. Ce formulaire recueille des informations telles que le nom, le prénom, l'âge et la profession.



The image shows a user registration form titled "Aidez-nous à mieux vous connaître" (Help us get to know you better). The form is overlaid on a background image of a green field at sunset. The form fields are:

- Nom & Prénom: A text input field.
- Cité: A text input field.
- Age: A text input field.
- Profession: A dropdown menu with the text "Veuillez choisir une profession" and a downward arrow.
- Buttons: A blue "Continuer" button and a green "▶ Passer cette étape" button.

FIGURE 4.1 – Interface d'accueil avec formulaire de collecte d'informations utilisateurs

4.3.2 Carte interactive

Notre application propose une carte interactive permettant aux utilisateurs de localiser divers points d'intérêt à proximité, tels que les stations-service, les stations de transport, les vergers, et bien plus encore. Cette fonctionnalité facilite la recherche et la planification des trajets en offrant une vue d'ensemble claire et intuitive des emplacements disponibles.

Avec cette carte interactive, les utilisateurs peuvent visualiser les stations de bus, les tramways, les fournisseurs, ainsi que la plupart des magasins en Algérie. De plus, elle permet d'identifier les endroits propices pour semer des cultures spécifiques, ainsi que les zones où l'on peut trouver une bonne terre pour cultiver des légumes ou des fruits.

L'importance de cette carte réside dans ses nombreux bénéfices : elle permet une meilleure organisation et planification des déplacements, elle aide les agriculteurs à trouver les meilleures terres pour leurs cultures, et elle offre une vue d'ensemble des services et commodités disponibles dans une zone donnée. Cette carte est un outil précieux pour les utilisateurs, car elle rend l'information accessible et exploitable en quelques clics, améliorant ainsi leur quotidien de manière significative.

Voici des exemples de notre application :

Les fournisseurs :

Les fournisseurs jouent un rôle crucial dans notre application en offrant aux utilisateurs un accès rapide et facile à divers services et produits. Sur la carte interactive, chaque fournisseur est présenté avec des informations essentielles telles que le nom, le type de produits ou services offerts, et le numéro de téléphone pour une communication directe. De plus, chaque fournisseur est évalué par une note sous forme d'étoiles, sur une échelle de cinq, reflétant la satisfaction des utilisateurs. Grâce à ces informations, les utilisateurs peuvent facilement trouver des fournisseurs fiables et adaptés à leurs besoins, qu'ils recherchent des produits spécifiques ou des services particuliers. Cette fonctionnalité améliore l'expérience utilisateur en rendant les informations claires et facilement accessibles.



FIGURE 4.2 – Interface de visualisation des fournisseurs sur la carte interactive.

Les stations de service :

Les stations de service sont des éléments cruciaux de notre application, offrant aux utilisateurs une commodité essentielle lors de leurs déplacements. Sur la carte interactive, les stations de service sont présentées avec leurs noms en arabe et en français, facilitant ainsi l'identification pour tous les utilisateurs.



FIGURE 4.3 – Localisation des stations de service sur la carte interactive.

Les stations de transport :

Sur notre carte interactive, les stations de transport sont facilement repérables, avec leurs noms

affichés en arabe, français et anglais, ainsi que leurs adresses ou villes correspondantes. Cette fonctionnalité permet aux utilisateurs de planifier leurs déplacements avec aisance, en garantissant un accès pratique aux services de transport public.



FIGURE 4.4 – Localisation des stations de transport sur la carte interactive.

4.3.3 Recommandations

Les statistiques sont au cœur de notre application, offrant aux utilisateurs une vision détaillée de la croissance de leurs cultures et de leur rendement. Pour faciliter la recherche spécifique des clients, nous avons développé un filtre avancé. Ce filtre permet aux utilisateurs de sélectionner facilement le type de terre désiré ou de choisir tous les types disponibles en un seul clic. En outre, ils peuvent affiner leurs résultats en filtrant les données par wilaya, mois et type de crop, leur offrant ainsi des informations précises sur la germination des légumes spécifiques sur des intervalles de temps donnés. Cette fonctionnalité simplifie la planification et la gestion des cultures, permettant aux utilisateurs de prendre des décisions éclairées pour maximiser leur rendement.

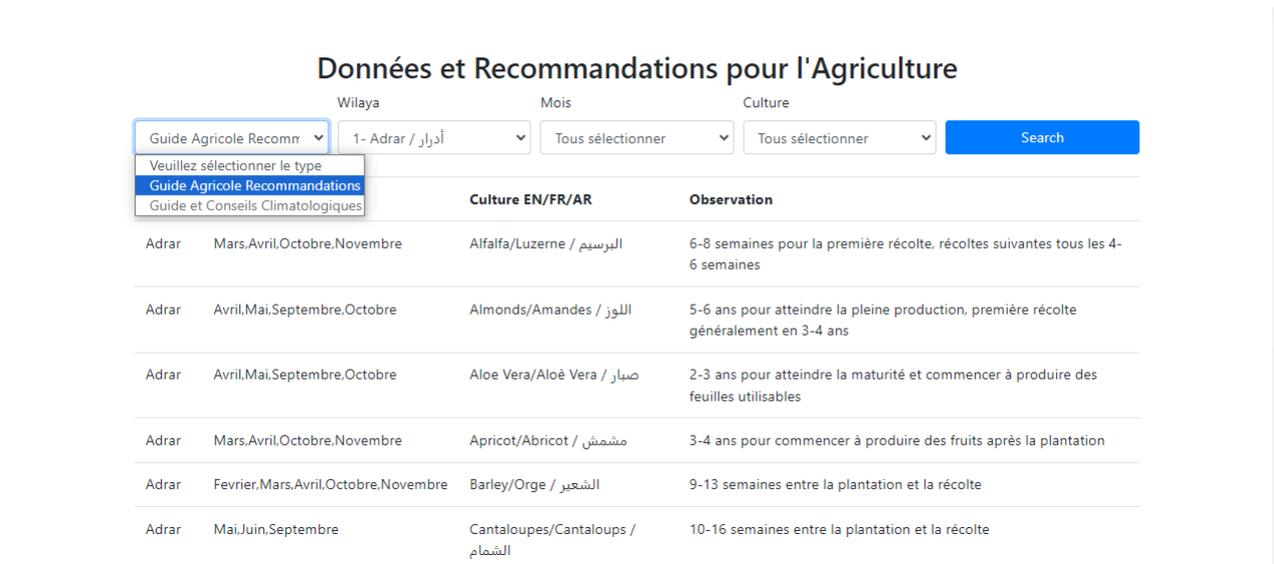


FIGURE 4.5 – Interface de visualisation des statistiques

4.3.4 Tableau de bord

Dans notre tableau de bord, un graphique en façade représente les deux productions alimentaires les plus importantes, à savoir le blé et les dattes. Nous avons également extrait de la base de données des informations sur le nombre de fournisseurs agroalimentaires, les châteaux d'eau, les arrêts de bus, les stations de transport, etc. Pour offrir une meilleure visibilité au client, nous avons choisi de persenter les graphes l'un après l'autre (la suite dans les figures qui suivent)

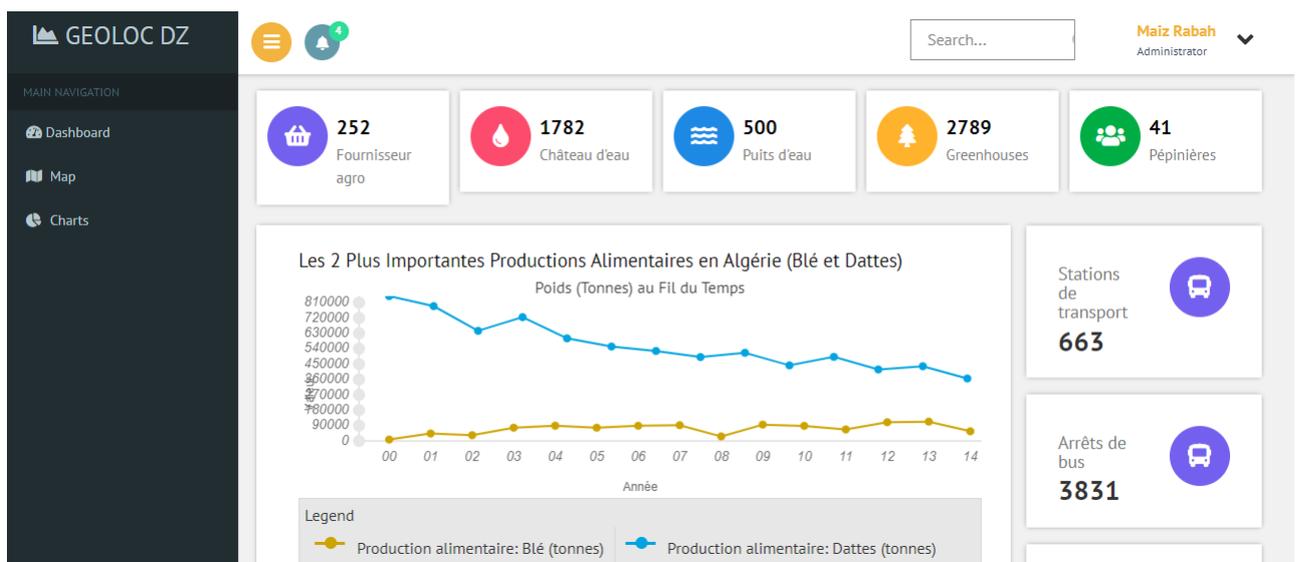


FIGURE 4.6 – Tableau de bord affichant les principales productions alimentaires.

Dans la suite de notre tableau de bord, nous avons intégré un graphique classé par catégories. Grâce à un filtre de recherche, le client peut choisir la catégorie souhaitée (production alimentaire, production d'énergie, métaux précieux, etc.).

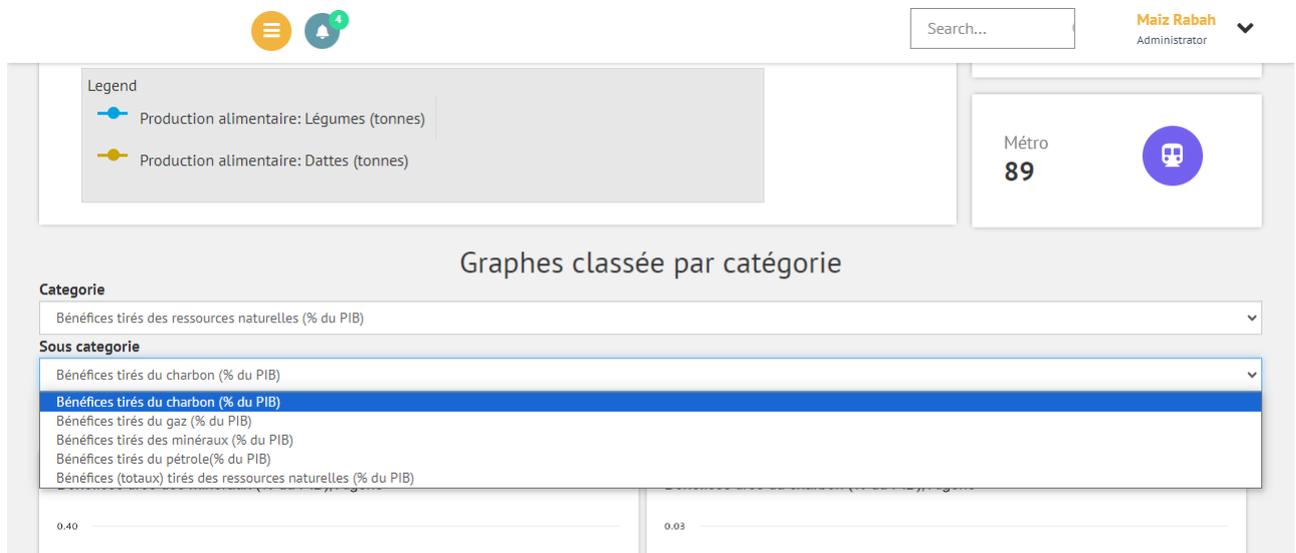


FIGURE 4.7 – Graphique par catégories.

Les résultats sont présentés sous forme de graphiques détaillés et clairs pour chaque catégorie, offrant ainsi une vue approfondie de chaque ensemble de données.

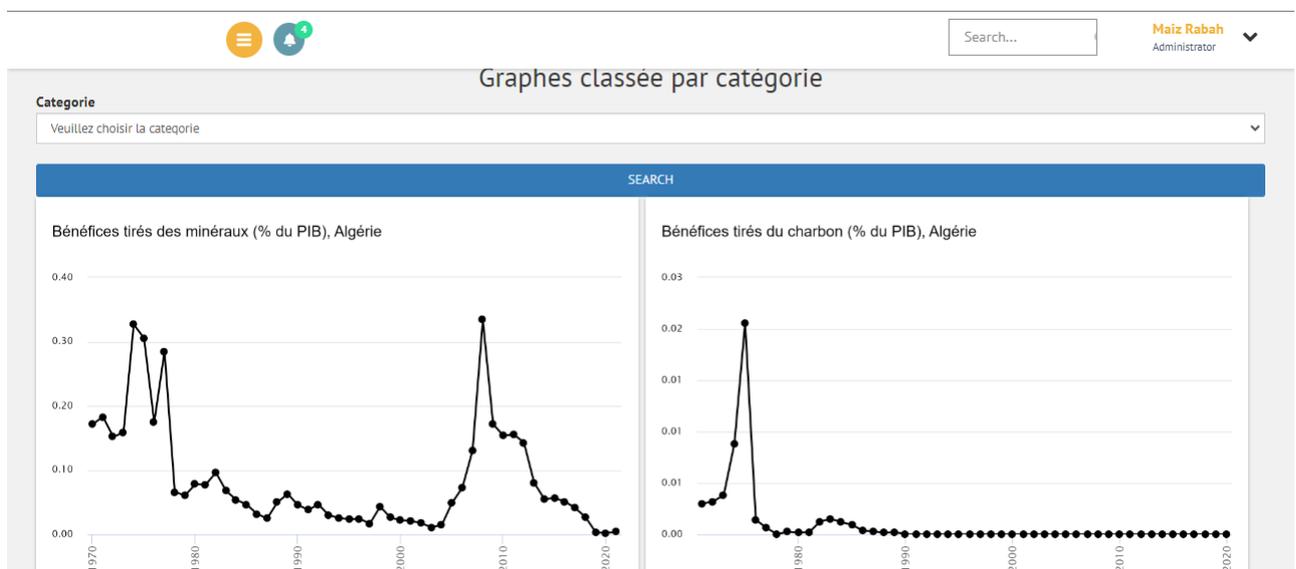


FIGURE 4.8 – Affichage du graphique lors de la sélection d'une catégorie.

4.4 Conclusion

Ce chapitre a mis en lumière l'application web interactive que nous avons développée, ainsi que le dashboard analytique conçu pour optimiser l'économie agricole en Algérie. L'application propose une interface conviviale comprenant une page d'accueil intuitive qui guide les utilisateurs vers notre carte interactive et notre tableau de bord informatif.

La carte interactive constitue un outil essentiel permettant de visualiser géographiquement les infrastructures clés telles que les stations de service, les puits, les châteaux d'eau, et les fournisseurs agricoles. Chaque marqueur sur la carte est accompagné d'informations détaillées, telles que les coordonnées, les contacts et les liens pertinents, facilitant ainsi la planification stratégique et opérationnelle dans le secteur agricole.

Parallèlement, le dashboard présente des graphiques dynamiques et des statistiques détaillées sur la production agricole en Algérie, en se concentrant par exemple sur la production de blé. Ces données sont essentielles pour comprendre les tendances historiques, anticiper les fluctuations du marché et formuler des recommandations basées sur des preuves.

En intégrant ces outils interactifs, nous avons cherché à offrir aux décideurs et aux acteurs du secteur agricole des moyens efficaces pour optimiser leurs opérations et prendre des décisions éclairées.

En résumé, ce chapitre démontre comment notre application web et notre dashboard contribuent à la modernisation et à l'optimisation du secteur agricole en Algérie. Ces outils technologiques avancés représentent une avancée significative vers une agriculture plus durable et résiliente, capable de faire face aux défis contemporains avec efficacité et innovation.

Conclusion générale

Ce mémoire a exploré en profondeur les défis cruciaux auxquels fait face l'agriculture en Algérie et a proposé des solutions innovantes grâce à l'utilisation de l'analyse géospatiale et du web-scraping. L'agriculture algérienne, malgré ses vastes terres arables, est confrontée à une dépendance persistante aux importations alimentaires, une faible productivité agricole et une vulnérabilité accrue aux aléas climatiques. Ces défis sont exacerbés par une pression démographique croissante et des conditions climatiques imprévisibles.

Pour répondre à ces enjeux, nous avons développé une application web interactive intégrant une carte dynamique. Cette carte met en lumière une variété d'infrastructures et de facteurs environnementaux essentiels tels que les stations de service, les puits, les châteaux d'eau et les fournisseurs agricoles. Chacun de ces éléments est présenté avec des informations détaillées facilitant une prise de décision éclairée pour les acteurs du secteur agricole en Algérie.

En complément, un tableau de bord analytique a été conçu, offrant des graphiques précis sur la production de cultures clés comme le blé, ainsi que des recommandations stratégiques générées par un entrepôt de données. Ces recommandations visent à optimiser la planification agricole en Algérie en tenant compte des données environnementales, des infrastructures disponibles et des besoins de marché.

L'approche proposée dans ce mémoire démontre l'importance de l'informatique et de l'analyse géospatiale comme outils stratégiques pour moderniser et diversifier le secteur agricole algérien. En intégrant ces technologies avancées, il est possible d'améliorer non seulement la productivité agricole, mais aussi la résilience face aux défis climatiques et

économiques.

En conclusion, ce travail aspire à contribuer significativement à l'optimisation de l'économie agricole en Algérie en fournissant des solutions efficaces et innovantes. Il ouvre la voie à de futures recherches et applications pratiques visant à renforcer la durabilité et la compétitivité du secteur agricole Algérien, comme l'utilisation des systèmes d'information géographiques ou la recommandation avancée des fournisseurs par profil (éleveurs, artisans, producteurs, etc.).

Répartition des Surfaces Agricoles par Type

Dans le tableau ci-après, nous détaillons la répartition des surfaces (en hectare) par type (dernier rapport MADR publié en 2021). Pour rappel, les cultures herbacées englobent les cultures maraichères, céréalières et industrielles.

WILAYA	Cultures herbacées		Terres au repos		Prairies naturelles		Vignes	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1 ADRAR	24 702	4,3	1 948	0,3	0	0,0	0	0,0
2 CHLEF	134 841	51,4	50 988	19,4	845	0,3	1 063	0,4
3 LAGHOUAT	44 017	2,5	27 268	1,5	0	0,0	373	0,0
4 O.E.BOUAGHI	234 118	45,4	122 962	23,9	670	0,1	2	0,0
5 BATNA	189 135	25,4	193 394	26,0	17 043	2,3	91	0,0
6 BEJAIA	14 464	8,8	41 708	25,3	1 380	0,8	410	0,2
7 BISKRA	61 484	3,7	72 530	4,4	0	0,0	289	0,0
8 BECHAR	3 255	0,2	16 716	1,2	0	0,0	127	0,0
9 BLIDA	15 618	24,1	6 653	10,3	1 242	1,9	1 170	1,8
10 BOUIRA	86 288	29,4	59 981	20,4	100	0,0	76	0,0
11 TAMANRASSET	3 322	0,4	0	0,0	0	0,0	137	0,0
12 TEBESSA	197 698	24,2	101 536	12,4	120	0,0	0	0,0
13 TLEMCEM	234 494	43,6	77 872	14,5	0	0,0	2 346	0,4
14 TIARET	405 690	36,6	269 257	24,3	50	0,0	563	0,1
15 TIZI-OUZOU	26 251	18,0	21 328	14,6	1 257	0,9	1 293	0,9

16 ALGER	11 704	36,0	3 696	11,4	0	0,0	2 409	7,4
17 DJELFA	115 274	4,6	252 721	10,1	0	0,0	43	0,0
18 JIJEL	9 596	9,8	12 275	12,5	4 469	4,5	49	0,0
19 SETIF	230 851	50,2	95 202	20,7	1 958	0,4	26	0,0
20 SAIDA	150 607	29,5	149 771	29,3	0	0,0	57	0,0
21 SKIKDA	84 356	43,7	23 902	12,4	484	0,3	1 179	0,6
22 S.B.ABBES	206 998	53,5	134 772	34,9	0	0,0	3 159	0,8
23 ANNABA	31 442	54,4	11 090	19,2	2 223	3,8	88	0,2
24 GUELMA	118 370	44,7	55 583	21,0	306	0,1	39	0,0
25 CONSTANTINE	114 017	64,8	9 289	5,3	0	0,0	19	0,0
26 MEDEA	170 361	23,2	134 475	18,3	10 823	1,5	3 118	0,4
27 MOSTAGANEM	94 046	65,0	5 323	3,7	0	0,0	10 879	7,5
28 M'SILA	102 185	7,9	157 565	12,1	0	0,0	35	0,0
29 MASCARA	206 168	47,5	76 323	17,6	0	0,0	4 756	1,1
30 OUARGLA	5 643	0,1	25 521	0,4	0	0,0	63	0,0
31 ORAN	65 444	68,8	10 180	10,7	0	0,0	613	0,6
32 EL-BAYADH	22 342	0,4	51 750	0,9	0	0,0	25	0,0
33 ILLIZI	651	3,2	418	2,1	0	0,0	27	0,1
34 B.B.ARRERIDJ	86 062	35,0	69 821	28,4	146	0,1	15	0,0
35 BOUMERDES	29 028	29,7	4 786	4,9	0	0,0	15 652	16,0
36 EL-TARF	39 708	47,3	20 789	24,7	5 000	6,0	700	0,8
37 TINDOUF	173	0,0	67	0,0	0	0,0	5	0,0
38 TISSEMSILT	91 322	48,1	34 556	18,2	0	0,0	249	0,1
39 EL-OUED	47 379	2,7	7 300	0,4	0	0,0	223	0,0
40 KHENCHELA	127 607	16,5	115 794	14,9	0	0,0	35	0,0
41 SOUK-AHRAS	175 525	56,3	58 155	18,7	4 454	1,4	0	0,0
42 TIPAZA	38 936	55,7	5 706	8,2	0	0,0	2 643	3,8
43 MILA	137 033	49,7	87 546	31,7	802	0,3	16	0,0
44 AIN-DEFLA	133 621	56,7	30 258	12,8	577	0,2	478	0,2
45 NAAMA	9 442	0,4	15 877	0,7	0	0,0	63	0,0
46 A.TEMOUCHENT	142 026	69,8	14 677	7,2	150	0,1	12 671	6,2

47 GHARDAIA	13 872	1,0	37 670	2,7	0	0,0	439	0,0
48 RELIZANE	194 863	65,5	71 559	24,1	20	0,0	939	0,3
TOTAL ALGERIE	4 682 024	10,6	2 848 556	6,5	54 117	0,1	68 649	0,2

TABLE A.1 – La répartition des surfaces agricoles 1/2

WILAYA (Numéro)	Plantations arbres fruit		TOTAL S.A.U		Pacages parcours		Terres improduc -tives		TOTAL S.A.T	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
1	28860	5,0	55510	9,6	55293	9,6	464748	80,7	575551	1,3
2	15493	5,9	203230	77,4	25714	9,8	33567	12,8	262511	0,6
3	6074	0,3	77732	4,3	1716813	95,7	0	0,0	1794545	4,1
4	3133	0,6	360885	70,0	122272	23,7	32325	6,3	515482	1,2
5	23014	3,1	422677	56,8	237600	31,9	83749	11,3	744026	1,7
6	72954	44,3	130917	79,4	30290	18,4	3587	2,2	164794	0,4
7	51160	3,1	185463	11,2	1399746	84,7	67532	4,1	1652741	3,8
8	14975	1,1	35072	2,5	1319192	92,6	69834	4,9	1424098	3,2
9	29620	45,7	54303	83,8	8860	13,7	1660	2,6	64823	0,1
10	43515	14,8	189960	64,7	73895	25,2	29689	10,1	293544	0,7
11	7803	0,9	11262	1,3	816100	92,6	54103	6,1	881465	2,0
12	12821	1,6	312175	38,1	434088	53,0	72094	8,8	818357	1,9
13	35573	6,6	350285	65,2	149036	27,7	37953	7,1	537274	1,2
14	13166	1,2	688725	62,1	420606	37,9	0	0,0	1109331	2,5
15	48714	33,3	98842	67,7	25370	17,4	21859	15,0	146072	0,3
16	11061	34,0	28870	88,8	1471	4,5	2185	6,7	32526	0,1
17	19014	0,8	387052	15,5	2114041	84,5	0	0,0	2501093	5,7
18	18578	18,9	44967	45,7	38811	39,5	14511	2,8	98289	0,2
19	37077	8,1	365112	79,4	53650	11,7	41084	8,9	459847	1,0
20	7772	1,5	308206	60,3	159664	31,2	43479	8,5	511349	1,2
21	21908	11,4	131829	68,3	42977	22,3	18217	9,4	193023	0,4
22	18264	4,7	363193	94,0	3715	1,0	19644	5,1	386552	0,9

23	2607	4,5	47449	82,1	7585	13,1	2786	4,8	57820	0,1
24	13040	4,9	187338	70,8	50875	19,2	26405	10,0	264618	0,6
25	1684	1,0	125010	71,1	50935	28,9	0	0,0	175945	0,4
26	20931	2,8	339709	46,2	291274	39,6	104054	14,2	735037	1,7
27	22020	15,2	132268	91,4	5110	3,5	7400	5,1	144778	0,3
28	17808	1,4	277592	21,4	1019243	78,6	0	0,0	1296835	2,9
29	25540	5,9	312786	72,0	104292	24,0	17054	3,9	434132	1,0
30	23352	0,4	54579	1,0	4750000	83,5	884050	15,5	5688629	12,9
31	10520	11,1	86757	91,3	1823	1,9	6479	6,8	95058	0,2
32	2940	0,1	77056	1,3	5688141	98,7	550	0,0	5765747	13,1
33	1629	8,0	2725	13,4	0	0,0	17650	86,6	20375	0,0
34	30556	12,4	186600	75,9	48598	19,8	10556	4,3	245754	0,6
35	13490	13,8	62956	64,5	10741	11,0	23954	24,5	97651	0,2
36	7976	9,5	74173	88,3	8518	10,1	1340	1,6	84031	0,2
37	627	0,0	872	0,0	6000000	100,0	1628	0,0	6002500	13,7
38	19330	10,2	145456	76,7	22297	11,8	21996	11,6	189749	0,4
39	41574	2,4	96476	5,5	1410000	80,1	253400	14,4	1759876	4,0
40	13991	1,8	257426	33,2	439430	56,7	77718	10,0	774574	1,8
41	15474	5,0	253607	81,4	30977	9,9	26909	8,6	311493	0,7
42	14516	20,7	61800	88,3	8157	11,7	0	0,0	69957	0,2
43	12160	4,4	237558	86,1	21956	8,0	16444	6,0	275958	0,6
44	16742	7,1	181676	77,1	37972	16,1	15963	6,8	235611	0,5
45	2901	0,1	28283	1,3	2175117	98,7	60	0,0	2203460	5,0
46	11470	5,6	180994	88,9	7974	3,9	14616	7,2	203584	0,5
47	12404	0,9	64385	4,7	1306248	95,3	172	0,0	1370805	3,1
48	14494	4,9	281875	94,8	6062	2,0	9450	3,2	297387	0,7
TOTAL	910322	2,1	8563669	19,5	32752530	74,5	2652454	6,0	43968653	100

TABLE A.2 – La répartition des surfaces agricoles 2/2

Annexe **B**

Effectifs Animaux en Algérie

Détails des effectifs animaux par espèce en Algérie

ESPECE BOVINE		ESPECE OVINE		ESPECE CAPRINE		ESPECE CAMELINE		ESPECE CHEVALINE		ESPECE MULLASSIERE	ESPECE ASINE
Vaches laitières B.M.L	290 190	Brebis (10 à 18 mois)	18 439 547	Chèvres	2 896 950	Chamelles	259 022	Adultes	36 197	Total : 15 997	Total : 86 431
Vaches laitières BLA+BLL	642 685	Béliers (10 à 18 mois)	1 123 984	Boucs	316 535	Autres	158 145	Jeunes -2 ans	13 714		
Génisses (+12 mois)	210 918	Antenaïse (-10 mois)	2 388 045	Chevreaux de 6 mois	786 063	Total : 417167		Total : 49911			
Taureaux	72 025	Antenaïse (-10 mois)	1 961 623	Chevrettes de 6 mois	929 521						
Taurillons (12 à 18 mois)	165 718	Agneaux	2 492 106	Total : 4929069							
Veaux (-12 mois)	194 713	Agnelles	2 973 256								
Velles (-12 mois)	210 102	Total : 29378561									
Total : 1786351											
BLA = Bovin Laitier amélioré BLM = Bovin Laitier Moderne BLL = Bovin Laitier Local Antenaïse : femelle âgée de + 9 mois n'ayant pas encore agnelé (mis-bas)											

Espèces Élevées et Production Visée en Aquaculture en Algérie

Voici un tableau résumant les espèces élevées et la production visée dans les deux types d'aquacultures pratiquées en Algérie :

Secteur	Filières	Production visée	Espèces élevées
Aquaculture marine	Pisciculture en cages flottantes	80 000 Tonnes	Loup méditerranéen, dorade Moule, huître creuse Élevage en étangs en terre pour des essais d'espèces
	Conchyliculture		
	Crevetticulture marine		
Aquaculture d'eau douce	Pisciculture d'eau douce en cages flottantes au niveau des barrages et retenus collinaires	20 000 Tonnes	Tilapia du Nil, poisson chat africain, carpes chinoises, etc. Litopenaeus Vannamei (crevette à pattes blanches du pacifique)
	Pisciculture d'eau douce en étangs et en bassins		
	Crevetticulture d'eau douce		

TABLE C.1 – Types d'aquacultures pratiquées en Algérie, avec les espèces élevées et la production visée

Le choix porté la crevetticulture a pour objectif le développement de l'aquaculture au grand Sud à travers l'exploitation de l'énorme espace libre riche en eau souterraine.

Bibliographie

- [1] Patrick M. Moncrieff. Économie agricole.
- [2] Omar BESSAOUD. Agriculture algérienne. novembre 2022.
- [3] HAMMOUTENE Ourdia AGHARMIOU Naïma1. L'économie algérienne, une dépendance alimentaire chronique The Algerian economy, a chronic food dependence. Janvier 2022. PDF.
- [4] HAMMOUTENE Ourdia AGHARMIOU Naïma1. L'économie algérienne, une dépendance alimentaire chronique The Algerian economy, a chronic food dependence . Janvier 2022. PDF.
- [5] J.-P. Rolland W. Khechimi O. Bessaoud, J.-P. Pellissier. Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie. May 2019. PDF.
- [6] J.-P. Rolland W. Khechimi O. Bessaoud, J.-P. Pellissier. Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie. May 2019. PDF.
- [7] Vasyl Cherlinka. Types De Sol Pour Une Croissance Efficace Des Cultures. Décembre 2023.
- [8] Vincent Bernard. Du climat global au climat régional.
- [9] QUELLES SONT LES RESSOURCES EN EAU DANS LE MONDE ?
- [10] J.M. Asseme Nkou. Le rôle des transports dans le secteur agricole.
- [11] Justyna Matuszak. Types De Sol Pour Une Croissance Efficace Des Cultures. Avril 2024.
- [12] Chaîne logistique ou supply chain. 2024.
- [13] Éleveur ou producteur.

- [14] édric Perrin. Le XXe siècle des artisans. juillet 2023. PDF.
- [15] les types de fournisseurs.
- [16] Daniel Johnson. Qu'est-ce que la science des données? Introduction, base Concepts Processus. Mars 2024.
- [17] Alain Demenet. Web Scraping - Définition, utilité légalité. May 2024.
- [18] Sowjanya Pedada. Qu'est-ce que l'analyse géospatiale? Le plan avant le plan réel. May 2023.
- [19] Martin Guyot. INFORMATIQUE DÉCISIONNELLE. Mars 2021.
- [20] Paloma Daudruy. Données agricoles . octobre 2023.
- [21] L'AGRICULTURE EN ALGÉRIE .
- [22] Science des données IBM Certificat Professionnel .
- [23] AQUASTAT Climate Information Tool.
- [24] Statistiques agricolesl.
- [25] Understanding our Earth.
- [26] Analyse des données agricoles en Algérie.
- [27] CÉLINE DELUZARCHE. UML : qu'est-ce que c'est? Août 2021.
- [28] Diagrammes de cas d'utilisation. Mars 2021.
- [29] Paul VanZandt. Qu'est-ce qu'un diagramme de séquence? Diagrammes de définition et de séquence en UML. novembre 2023.
- [30] Delphine Longuet. Diagrammes de classes. PDF.
- [31] KERKAD A. Thèse de doctorat intitulée : L'interaction au service de l'optimisation à grande échelle. ENSMA. 2013. PDF.
- [32] HTML (HyperText Markup Language). Août 2021.
- [33] Qu'est-ce que le CSS? Définition et application . juillet 2021.
- [34] PHP (Hypertext Preprocessor) : définition . janvier 2019.
- [35] Signification de JavaScript.
- [36] LaTeX. janvier 2024.
- [37] Andrew Zola. DEFINITION Bootstrap.

[38] Laravel.

[39] Qu'est-ce que PhpMyAdmin ? janvier 2024.

[40] Définition Visual Studio Code. 2023.

[41] MySQL : définition. janvier 2023.

[42] Le logiciel de modélisation StartUml. DÉCEMBRE 2023.

[43] Saniya. XAMPP Definition.