

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté
Département



Projet de Fin d'Etudes
Dans le cadre de l'arrêté ministériel 1275
« Un diplôme, une startup / micro entreprise ou brevet d'invention »
Pour l'obtention du diplôme de Licence/Master
Filière : ELECTROTECHNIQUE
Spécialité : COMMANDES ELECTRIQUES

AGROSCAN ANALYZER

Présenté Par :

1/ MAHDJOUR MOHAMED NASSIM	M2	Electrotechnique
2/ NAIMI ABDELGHANI	M2	Electrotechnique
3/ BENAYAD RAMZI SEIF ISLAM	M2	Gestion des ressources humaines
4/ MAHIMDA RIHAM	L3	Production végétal

Devant le jury composé de :

Mr ADJOUJ REDOUANE	MCA	U.Ain Témouchent	Président
ZEGAI MOHAMED LAMINE		U.Ain Témouchent	Examinateur
BENAZZA BAGHDADI		U.Ain Témouchent	Encadrant (e)
ABDELLAOUI HADJIRA		U.Ain Témouchent	Co-Encadrant(e)
BOUZIANI HADJIRA		U.Ain Témouchent	Représentant de l'incubateur
.....		Partenaire socioéconomique
.....		U.Ain Témouchent	Représentant (e) du CATI

Année Universitaire 2022/2023



Remerciements

Tout d'abord, nous rendons grâce à Dieu le tout puissant qui nous a donné la force, le courage, la patience d'accomplir ce travail.

Aujourd'hui nous avons la chance de pouvoir témoigner notre profonde gratitude à l'endroit de ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce mémoire. A cet effet nos remerciements vont

À notre Encadrant, M. BENAZZA BAGHDADI, pour sa supervision et pour avoir assuré le bon déroulement de ce projet. Nous vous remercions pour votre présence constante et pour nous avoir guidés avec vos conseils et directives. Merci infiniment pour les nombreuses heures que vous avez investies dans la correction de ce travail.

À notre Co-Encadrante, Mme ABDELLAOUI HADJIRA, pour nous avoir éclairés avec les informations nécessaires à ce projet depuis le début. Merci infiniment pour les nombreuses heures que vous avez consacrées à nous aider.

À tous les enseignants qui ont participé, directement ou indirectement, à notre formation tout au long du cursus universitaire.

dedicace

*Tout d'abord, je remercie Dieu Tout-Puissant qui m'a donné le courage et la volonté d'accomplir ce travail modeste que je dédie à **ma mère**, qui a travaillé pour ma réussite à travers son amour, son soutien, tous les sacrifices qu'elle a faits et ses précieux conseils.*

*À **mon père**, que Dieu ait son âme et l'accueille dans ses jardins du paradis, décédé il y a trois ans et qui n'est pas présent avec nous aujourd'hui pour ce moment qu'il attendait avec fierté et honneur. Lui qui a sacrifié pour moi et qui est toujours resté à mes côtés dans les moments difficiles de ma vie. Ô Dieu, pardonne-lui et fais miséricorde à ses péchés.*

À ma chère sœur Amel, qui a été mon soutien dans cette vie même après son mariage, et à mes frères Mohamed et son épouse, Abdelkarim et son épouse, Bouhdjar et son épouse également, ainsi que leurs enfants et filles Mariem, Souhaib, Moussa, Alaa, Assinat, Ahmed, Assil et Nouh.

*À la personne qui est toujours restée à mes côtés dans les moments difficiles de ma vie. Tous mes amis et moi remercions notre encadrant **BENAZZA**.*

Abdelghani

dedicace

À mon père, Pour ton amour inébranlable et ta patience. Tes sacrifices et ton travail acharné m'ont donné l'exemple du courage et de la persévérance. Merci de toujours croire en moi et de m'encourager à donner le meilleur de moi-même.

À ma mère, Pour ton amour indéfectible, tes prières incessantes et ton soutien sans faille. Ta tendresse et ta compréhension m'ont été d'un grand réconfort dans les moments de doute. Merci d'avoir toujours su trouver les mots justes pour m'apaiser et me motiver.

À mes sœurs et ces conjoints, Pour votre complicité, votre amour et votre encouragement constant. Vos sourires et votre présence ont été une source de bonheur et de force. Merci d'être mes confidentes et mes amies, et de m'avoir soutenu tout au long de ce parcours. je serai ravi de voir vos enfants MERIEM, JANAHA, Et ADEM dans cette phase d'études.

À tous ceux qui ont cru en moi et m'ont soutenu, Votre foi en mes capacités et vos encouragements ont été essentiels à la réalisation de ce projet. À mes amis, professeurs et collègues, merci pour votre aide précieuse, vos conseils avisés et votre soutien moral. Chacun de vous a contribué à sa manière à ce succès, et je vous en suis profondément reconnaissant.

Nassim

dedicace

À mes parents, Pour leur amour inconditionnel, leur soutien constant et leurs innombrables sacrifices. Leur foi en moi et leurs encouragements m'ont permis de surmonter les moments les plus difficiles de ce parcours. Je leur dois tout ce que je suis aujourd'hui.

A mes frères, Pour sa présence rassurante et son soutien indéfectible. Merci pour les moments de partage, de joie et de complicité qui ont allégé le poids des études

À mes amis, Pour leur amitié sincère, leur soutien moral et leurs encouragements. Merci pour les moments de détente et de partage qui m'ont permis de garder l'équilibre.

À mes enseignants et professeurs, Pour leur passion pour l'enseignement et leur dévouement. Chacun d'entre eux a contribué de manière significative à ma formation académique et personnelle

Ramzi

A decorative scroll with a rope border and a central rectangular frame. The word "dedicace" is written in green at the top. The scroll has a black outline and a brown rope-like border. A small black mark is visible in the top right corner of the scroll.

dedicace

Résumé

Résumé :

Ce projet de fin d'études présente la conception de l'AGROSCAN ANALYSER, un dispositif innovant pour l'analyse précise et rapide des sols agricoles. Basé sur les principes de l'agriculture de précision, ce dispositif intègre des capteurs sophistiqués pour mesurer la température, l'humidité, le pH, et les niveaux de nutriments essentiels (azote, phosphore, potassium). Les données sont transmises à une application de bureau via USB, analysées par des algorithmes d'intelligence artificielle, et fournissent des recommandations pratiques pour optimiser la gestion de l'agriculture. L'AGROSCAN ANALYSER se positionne comme un outil essentiel pour augmenter les rendements, réduire le gaspillage des ressources et promouvoir la durabilité environnementale, offrant une alternative abordable aux méthodes traditionnelles d'analyse du sol.

Mots clés : Capteurs, pH , Température , L'humidité , NPK , gestion de l'agriculture, d'intelligence artificielle , analyse du sol.

Abstract :

This thesis project presents the design of AGROSCAN ANALYSER, an innovative device for accurate and rapid analysis of agricultural soils. Based on the principles of precision agriculture, this device integrates sophisticated sensors to measure temperature, humidity, pH, and essential nutrient levels (nitrogen, phosphorus, potassium). The data is transmitted to a desktop application via USB, analyzed by artificial intelligence algorithms, and provides practical recommendations to optimize crop management. AGROSCAN ANALYSER is positioned as an essential tool to increase yields, reduce resource wastage, and promote environmental sustainability, offering an affordable alternative to traditional soil analysis methods.

Keywords: Sensors, pH, Temperature, Moisture, NPK, agriculture management, artificial intelligence, soil analysis.

ملخص:

يقدم هذا مشروع التخرج تصميم وهو جهاز مبتكر لتحليل التربة الزراعية بدقة وسرعة. يعتمد الجهاز على مبادئ الزراعة الدقيقة، ويضم أجهزة استشعار متطورة لقياس درجة الحرارة والرطوبة ودرجة الحموضة ومستويات المغذيات الأساسية (النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم). تُنقل البيانات إلى تطبيق مكتبي عبر اتصال، حيث يتم تحليلها بواسطة خوارزميات الذكاء الاصطناعي، وتوفير توصيات عملية لتحسين إدارة المحاصيل. يتميز كأداة أساسية لزيادة المحاصيل وتقليل هدر الموارد وتعزيز الاستدامة البيئية، ويقدم بديلاً ميسور التكلفة عن طرق تحليل التربة التقليدية.

الكلمات المفتاحية: أجهزة الاستشعار، الرقم الهيدروجيني، درجة الحرارة، الرطوبة، الإدارة الزراعية، الذكاء الاصطناعي، تحليل التربة

Sommaire

Introduction générale.....

Chapitre 1 : Etat de l'art sur les différentes techniques d'analyse du sol pour l'agriculture

Introduction

1. Définition du sol.....
 - 1.1. Structure du sol.....
 - 1.2. La matière organique du sol
 - 1.2.1. Rôle de la matière organique sur les propriétés de sol :
 - 1.3. L'étude des sols
2. Analyse du sol aux laboratoires :
 - 2.1. Prélèvement des échantillons
 - 2.2. Analyse physique
 - 2.3. Analyse chimique
 - 2.4. Analyse par absorption
 - 2.4.1. Analyse par absorption (ou combustion) et volumétrie
 - 2.4.2. Analyse par absorption et colorimétrie
 - 2.4.3. Absorption et autres procédés
 - 2.5. Spectroscopie
 - 2.5.1. L'absorption dans l'infrarouge
 - 2.5.2. L'absorption dans l'ultraviolet
 - 2.5.3. Détection par chimiluminescence et photométrie
 - 2.5.4. Spectrométrie d'absorption atomique
 - 2.6. Mesures magnétiques
 - 2.7. Détection par capture d'électron (ECD)
 - 2.8. Analyse granulométrique
 - 2.8.1. Méthode du Tamis et de la pipette
 - 2.8.2. Méthode de l'hydromètre
 - 2.8.3. Classification grossière ou fine
 - 2.9. Interprétation des Résultats
 - 2.10. Limitations d'analyse du sol

Conclusion

Chapitre 2 : Conception du Prototype pour l'Analyse du Sol

Introduction

1. Définition :
2. Conception d'agroscaan analyzer :

- 2.1. Structure Physique :
- 2.2. Composants Internes et Capteurs :
 - 2.2.1. Capteurs Intégrés sur la Barre de Mesure :
 - 2.2.2. Technologie de Transmission de Données :
 - 2.2.2.1. Agroskan Analyzer Filles (Unités de Terrain) :
 - 2.2.2.2. Machine Mère (Centralisateur des Données) :
 - 2.2.2.3. Transmission des Données :
 - 2.2.2.4. Transfert vers l'application :
 - 2.2.3. Source d'Énergie :
 - 2.2.4. Évolutivité et Mise à Jour :
- 2.3. Application Agroskan Analyzer APP :
 - 2.3.1. Programmation :
 - 2.3.2. Fonctionnalités Clés :
 - 2.3.2.1. Connexion et Affichage des Données :
 - 2.3.2.2. Analyse Avancée avec Intelligence Artificielle :
 - 2.3.2.3. Rapports Techniques et Conseils :
 - 2.3.2.4. Interface Utilisateur Intuitive :
 - 2.3.2.5. Sécurité et Confidentialité :

Conclusion :

Conclusion générale :

Liste des figures

LISTE DES FIGURES

Chapitre 1 : Etat de l'art sur les différentes techniques d'analyse du sol pour l'agriculture :

Figure 1 : Schéma de structure du sol

Figure 2 : La technique de prélèvement

Figure 3 : Dimension de particules en fonction des catégories

Figure 4 : Triangle des textures

Figure 5 : Les rôles de la matière Organique

Figure 6 : le pH du sol

Figure 7 : nutriments qui sont nécessaires à la vie végétale

Figure 8 : Analyse par absorption (ou combustion) et volumétrie

Figure 9 : Distribution de la taille de particules

Chapitre 2 : Conception du Prototype pour l'Analyse du Sol :

Figure 1 : Schéma détaillé de projet Agroscaan Analyzer.

Figure 2 : Barre de fer.

Figure 3 : Boitier de commande.

Figure 4 : Schéma du circuit électronique.

Figure 5 : Capteur du PH, NPK, Humidité, Température.

Figure 6 : Résumé de la technologie de transmission des données.

Figure 7 : Batterie rechargeable.

Figure 8 : option de charge solaire.

Figure 9 : exemple de programmation 1.

Figure 10 : exemple de programmation 2.

Figure 11 : Mesures reçu dans l'application en temps réel.

Figure 12 : Essai sur terrain au mois de janvier 2024.

Figure 13 : Essai dans la serre d'université Ain temouchent au mois de juin 2024.

Figure 14 : Graphes des données.

Figure 15 : Exemple du rapport technique généré par AI.

Introduction générale

Introduction Générale

Le secteur de l'agriculture en Algérie est un secteur clé et il est un pilier majeur de l'économie nationale vue sa contribution à l'emploi et au PIB nationaux. Il occupe une population de **2,6 millions comme main-d'œuvre agricole** qui représente plus de 74% des actifs du monde rural et 24% de la main d'œuvre nationale. En outre, il permet de garantir la sécurité alimentaire du pays en couvrant plus de 74% des besoins nationaux en produits agricoles. [1]

L'agriculture intensive et la déforestation sont des causes majeures de **la dégradation des terres** due à l'érosion, qui rend de vastes régions vulnérables à la perte de la couche arable fertile du sol. Cela, ajouté à la perte des nutriments associés et de produits chimiques dans les plans d'eau, constitue une grave menace pour la production agricole durable, la protection de l'environnement et la sécurité alimentaire dans de nombreuses régions du monde. [2]

Dans ce contexte, le **développement de technologies** innovantes pour l'analyse des sols est crucial. L'objectif de ce projet est de concevoir une machine capable de mesurer les paramètres essentiels du sol, à savoir la température, l'humidité, le pH et les niveaux de NPK (azote, phosphore, potassium). Cette machine, couplée à une application, permettra de stocker les données collectées, de les comparer avec une base de données des cultures algériennes, et de fournir des recommandations pratiques pour améliorer les rendements agricoles.

L'importance de ce projet réside dans sa capacité à proposer une solution accessible et efficace pour les analyses de sol, réduisant ainsi la dépendance à des laboratoires souvent coûteux et éloignés. En fournissant des informations précises et en temps réel, et en intégrant des technologies modernes et des approches basées sur les données, ce projet vise à contribuer de manière significative à l'amélioration des pratiques agricoles en Algérie. Il peut aider les agriculteurs à prendre des décisions éclairées, favorisant ainsi une agriculture plus durable et productive.

Par suite notre travail est fait suivant le plan comme suit, Le premier chapitre se concentrera sur l'état de l'art sur les différentes techniques d'analyse du sol pour l'agriculture, tandis que le deuxième chapitre traitera des résultats et leurs interprétations de la méthode utilisée avec une application qui traite les signaux captés par des capteurs de la machine réalisée pour notre projet. Enfin, une conclusion générale clôturera l'ensemble avec des perspectives dans le futur proche.

Chapitre 1 :

Etat de l'art sur les différentes techniques d'analyse du sol pour l'agriculture

Introduction

Le sol est un capital à préserver impérativement. Depuis plusieurs décennies, de nombreux outils ont été mis en place pour aider l'agriculteur dans le choix de son mode de gestion du sol (aide au prélèvement, analyse de terre, amélioration des conseils de fertilisation, dispositifs pour limiter l'érosion, adaptation des travaux de sol...). L'agriculture de précision tend à se développer et pourtant, en Province de Luxembourg, 59 % des agriculteurs n'analysent toujours pas leurs terres. Sur le terrain, les agronomes continuent et développent les recherches sur les rotations et leurs impacts positifs sur le sol. Mais qu'en est-il au niveau des laboratoires et des analyses liées au sol ? Des critiques sont parfois émises sur ces analyses et leurs intérêts. Tentons d'y voir plus clair. [3]

1. Définition du sol :

Comme beaucoup de mots communs, le mot sol a plusieurs significations. Dans son sens traditionnel, **le sol est le milieu naturel pour la croissance des plantes**. Le sol a également été défini comme un corps naturel comprenant des couches (horizons) qui sont composées de matériaux altérés minéraux, de matières organiques, d'air et d'eau. Le sol est le produit final de l'effet combiné du climat, de la topographie, des organismes (flore, faune et êtres humains) sur les matériaux de base (roches et minéraux d'origine) au fil du temps. En conséquence, le sol se distingue de son matériau de base par sa texture, sa structure, sa consistance, sa couleur, et ses caractéristiques chimiques, biologiques et physiques.

Le sol est une des composantes essentielles de la «**terre**» et des «**écosystèmes**» qui sont tous deux des concepts plus larges englobant la végétation, l'eau et le climat dans le cas des terres, et en plus de ces trois aspects, des considérations sociales et économiques dans le cas des écosystèmes. [4]

1.1. Structure du sol :

La structure d'un sol fait référence à la façon dont les particules de sable, de limon et d'argile sont disposées les unes par rapport aux autres.

Dans un sol bien structuré, les particules de sable et de limon sont liées en agrégats (petites mottes) par l'argile, l'humus et le calcium. Les grands espaces vides entre les agrégats (micropores) permettent à l'eau et à l'air de circuler et aux racines de s'enfoncer dans le sol. Les petits espaces vides (micropores) retiennent quant à eux l'eau dont les plantes ont besoin. Cette structure « idéale » est appelée structure grumeleuse. (**Voir la figure 1**). [5]

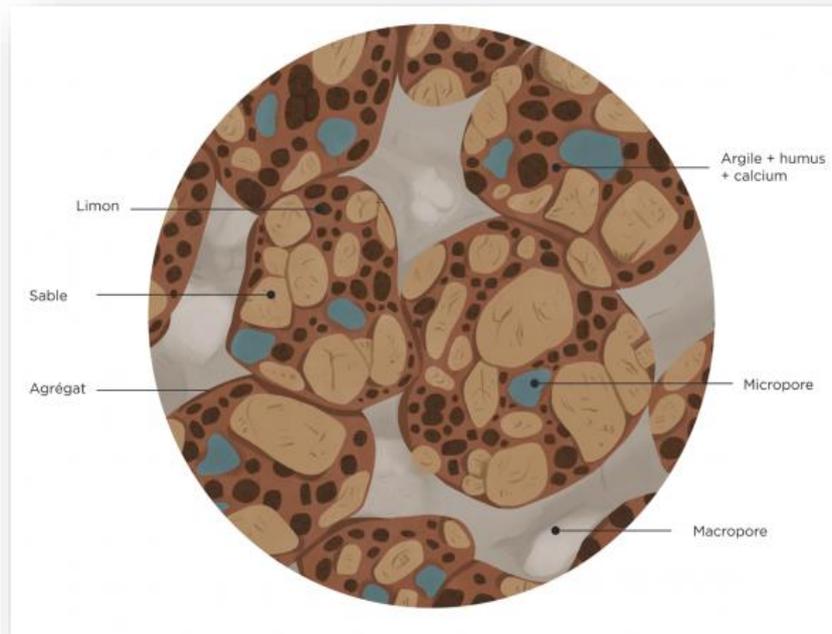


Figure1 : Schéma de structure du sol [18]

Les sols argileux, sableux et limoneux présentent rarement une structure idéale. On peut toutefois les améliorer en incorporant des amendements. [5]

Sols sableux

On améliore la structure des sols sableux en les amendant régulièrement avec de la matière organique sous forme de compost ou de fumier composté. Il est préférable d'incorporer ces amendements au début du printemps, car le travail des sols sableux à l'automne favorise leur érosion. Également, dans ces sols, l'ajout de basalte est un élément qui contribue à améliorer la rétention d'eau et de minéraux. [5]

Sols argileux

On améliore la structure des sols argileux par des apports en matières organiques sous forme de compost ou de fumier composté. Ces amendements sont préférablement incorporés à la fin de l'automne.

Certains sols argileux sont très riches en sodium, ce qui nuit à l'agrégation des particules minérales. Il est possible d'améliorer la structure de ces argiles sodiques en y incorporant du gypse (si leur pH est neutre ou alcalin) ou de la chaux (si leur pH est acide). [5]

Sols limoneux

On améliore le drainage et l'aération des sols limoneux par des apports importants de matières organiques, sous forme de compost ou de fumier composté. Il est préférable d'incorporer ces amendements à la fin de l'automne. [5]

Humus

Sous l'action des organismes vivants du sol, la matière organique est transformée. Il en résulte une libération rapide d'éléments nutritifs (processus de minéralisation) et la formation d'humus (processus d'humification). [5]

1.2. La matière organique du sol :

Les constituants organiques du sol proviennent de la décomposition de la matière organique végétale, animale et bactérienne. Cette dernière est principalement composée de carbone, et sera en partie transformée lors des réactions d'oxydation au contact de l'oxygène. Cependant, c'est la transformation par les organismes décomposeurs qui est le processus biochimique le plus important (Paradis, 2016). Les caractéristiques de la matière organique et de la structure d'un sol dépendent des facteurs naturels comme le climat la faune et les plantes (Kononova, 1966) mais également du mode de gestion des terres (Feller, 1995).

La matière organique est un important indicateur de fertilité et de qualité des sols, c'est pourquoi ce paramètre est souvent le premier mesuré lors de l'étude d'un sol et de son écosystème (Paré, 2011). [6]

1.2.1. Rôle de la matière organique sur les propriétés de sol :

La matière organique du sol est un élément clé de la fertilité :

- Grâce à l'association entre l'humus et les argiles (complexe argilo-humique), la matière organique permet de maintenir une bonne structure (limite l'érosion et la battance, améliore la capacité de rétention en eau et le drainage, améliore l'aération du sol et le réchauffement au printemps, favorise la pénétration racinaire, ainsi qu'une bonne perméabilité du sol) ;
- Elle améliore du stockage et de la mise à disposition des éléments minéraux (N, P, K et oligo-éléments) pour la plante par minéralisation ;
- Elle stimule du développement de l'activité biologique des sols ; Elle favorise l'activité biologique et microbienne qui rend les éléments minéraux assimilables aux plantes ;
- Elle limite les toxicités en favorisant la complication des éléments trace métalliques (Cuivre, Manganèse...) ;
- Elle améliore la rétention et dégradation des micropolluants organiques et des pesticides ;
- Et plus généralement, elle améliore la qualité et la productivité légumière. (Magny & Baur, 1962 ; Mathur & Wong, 1991 in Pallo & al. 2008). [6]

1.3. L'étude des sols :

L'étude des sols s'appelle la pédologie. Ce terme provient du grec ancien avec « pédon » signifiant « sol » et « logos » signifiant « étude ». La pédologie est une science qui se consacre à l'étude de la pédogenèse, c'est-à-dire la formation et l'évolution des sols. Cette discipline examine également les différentes taxonomies des sols pour les classer et comprendre leurs caractéristiques spécifiques.

2. Analyse du sol aux laboratoires :

2.1. Prélèvement des échantillons

En premier lieu, la technique de prélèvement : il en existe trois principales. Le poids d'un échantillon envoyé pour l'analyse se situe entre 500 g et 1 kg. (**Voir la figure 2**).

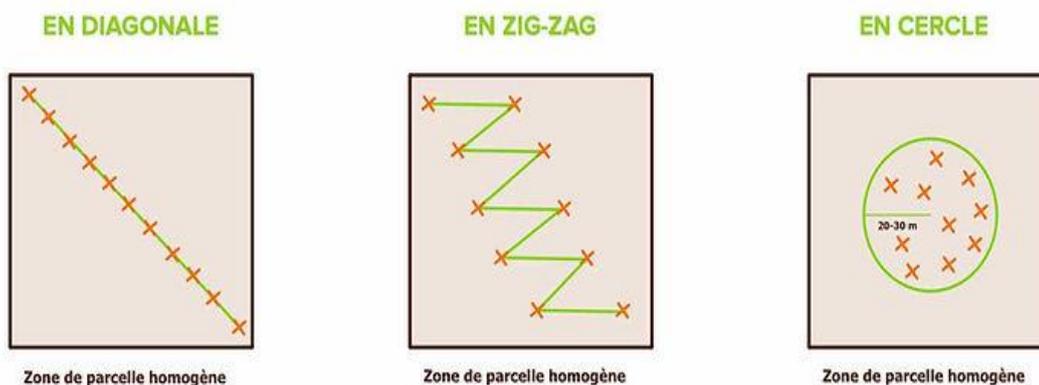


Figure 2 : La technique de prélèvement [19]

Choisir la zone de prélèvement :

- Éviter les talus, mouillères, zones de stockage des effluents, anciens chemins, bordures de champ, zones humides, bordures des haies. [7]

Quand prélever :

- Préférentiellement pendant l'interculture.
- Toujours à la même période pour comparer les résultats.
- Attendre 2 mois après un apport d'engrais minéral et 4 mois après un amendement calcique ou un épandage d'effluent organique. [7]

Comment prélever :

- Faire entre 15 et 20 prélèvements sur la parcelle.
- Prélever à la profondeur de travail du sol (5 cm pour les prairies permanentes).
- Jeter la partie de sol de l'horizon inférieur en cas de changement de couleur.
- Émietter les échantillons, enlever les cailloux, homogénéiser le mélange, puis mettre la terre dans l'emballage.
- Remplir la feuille de renseignement avec les informations nécessaires (localisation GPS, date, type de sol, culture précédente et suivante, autres annotations). [7]

Matériel recommandé :

- Tarière, pelle ou bêche en acier inoxydable ou plastique.
- Seau en plastique épais.
- Couteau.

Précautions complémentaires :

- Conserver l'échantillon au frais avant envoi.
- Faire analyser par le même laboratoire à chaque fois.
- Les délais d'analyse sont généralement de 45 jours. [7]

2.2. Analyse Physique

A partir d'un prélèvement d'échantillon de terre, l'analyse physique étudie le type de sol et les stocks de carbone au travers de :

- La granulométrie, qui définit la répartition des particules minérales de la terre fine, entre l'argile, les sables, les limons –fin et grossier-. (Voir la figure 3). [8]

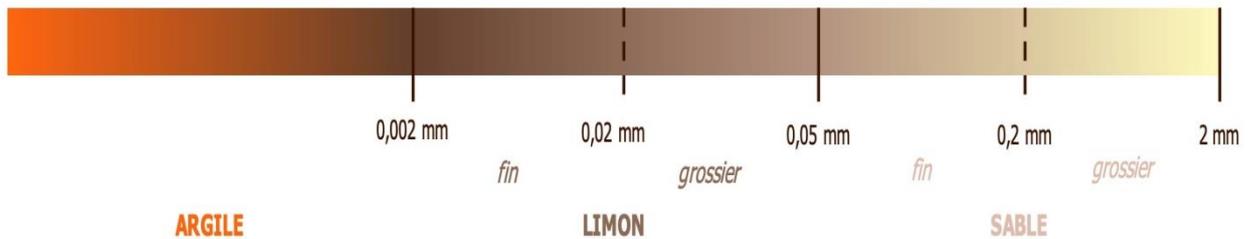


Figure 3 : Dimension de particules en fonction des catégories [20]

Dans un second temps, la répartition entre les différentes catégories granulométriques permet d'identifier le type de sol dominant. À ce titre, il existe plusieurs triangles des textures, celui ci-contre est le plus couramment utilisé. (Voir la figure 4). [7]

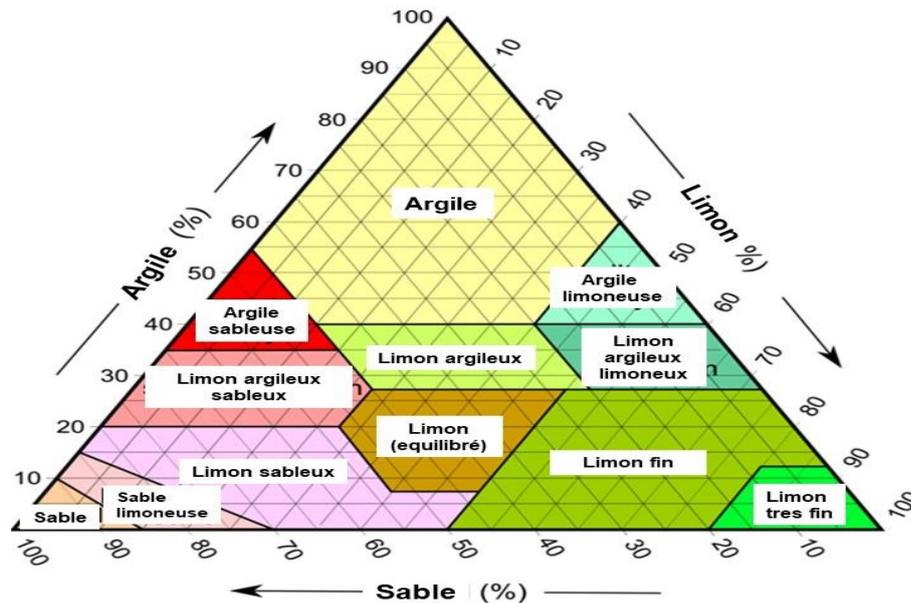


Figure 4 : Triangle des textures [21]

- La matière organique du sol revient au centre des considérations, grâce notamment à l'émergence de courants comme la conservation des sols ou l'agro écologie. Elle est la clé de voûte de la fertilité du sol tant physique, chimique que biologique. À ce titre, il est vivement recommandé de mettre en place une politique de gestion du carbone du sol, en parallèle de la gestion classique des éléments fertilisants. [7] (Voir la figure 5).

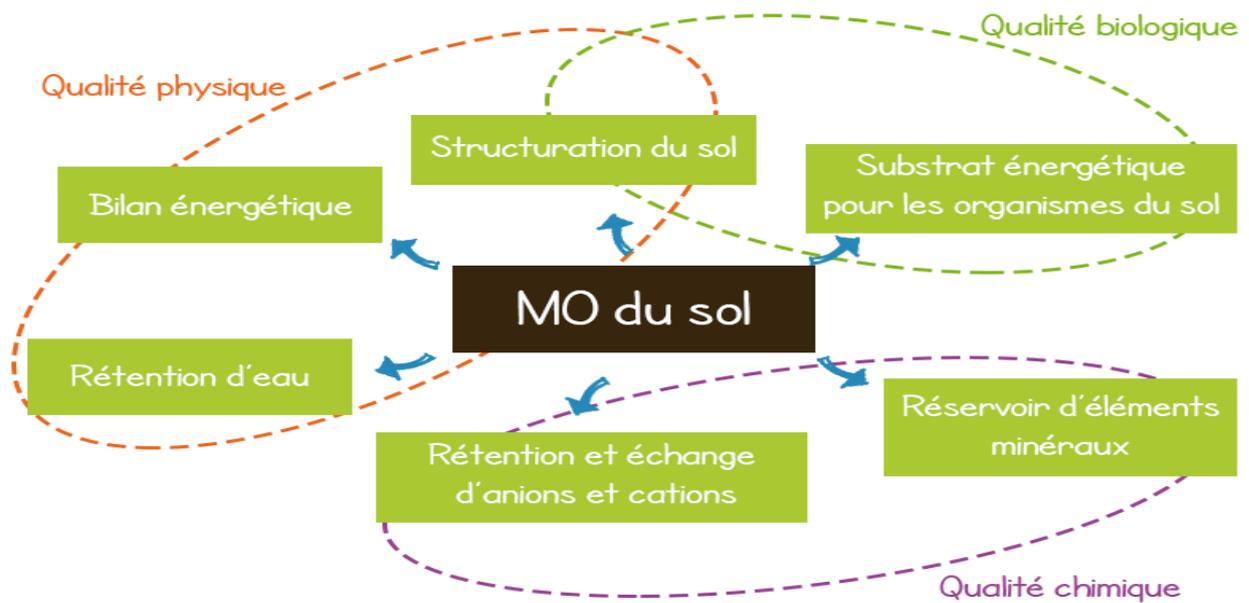


Figure 5 : Les rôles de la matière Organique [22]

- D'autres mesures telles que les caractéristiques hydriques du sol (capacité de rétention d'eau), la stabilité structurale du sol (type de cultures/apports organiques). Ce ne sont pas des méthodes de routine. [7]

2.3. Analyse Chimique

PH du Sol : Le pH d'un sol, abréviation de « potentiel Hydrogène », permet de juger de son degré d'acidité et de sa fertilité. La plupart des végétaux sont à l'aise dans des sols dont le pH est compris entre 6 et 7,5 soit proche de la neutralité qui est de 7. (Voir la figure 6) [9]

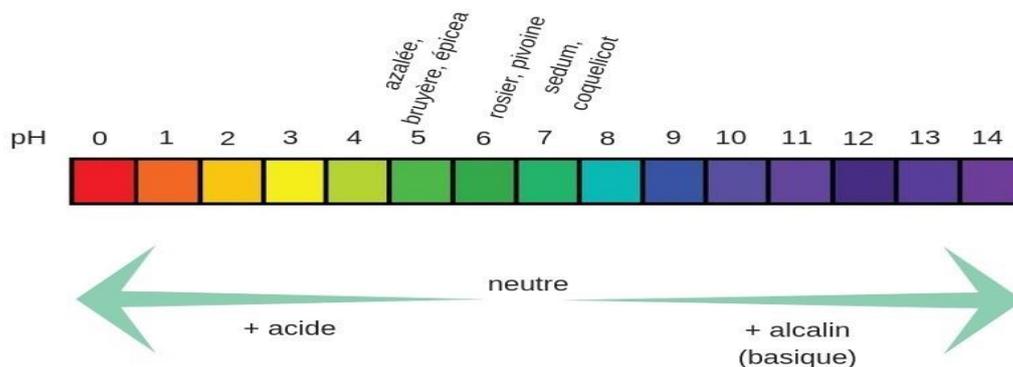


Figure 6 : le pH du sol [23]

Matière Organique : Détermination de la teneur en matière organique par combustion ou par des méthodes chimiques. [9]

Et on a parlé sur ça dans l'analyse physique du sol de l'importance et le rôle de MO.

Éléments Nutritifs : (Voir figure 7)

- Azote (N) : Mesure de l'azote total, de l'ammonium et du nitrate.
- Phosphore (P) : Extraction et mesure du phosphore disponible.
- Potassium (K) : Extraction et mesure du potassium échangeable.

Autres Éléments : Mesure des teneurs en calcium, magnésium, soufre, etc. (Voir figure 7). [7]



Figure 7 : nutriments qui sont nécessaires à la vie végétale [24]

2.4. Analyse par absorption

2.4.1. Analyse par absorption (ou combustion) et volumétrie

Principe : Un volume de gaz exactement mesuré (V_1) est agité avec un réactif spécifique du constituant C à doser. Après dissolution complète de C, on mesure le volume du gaz résiduel (V_2). La concentration de C dans le gaz est donnée par $(V_1 - V_2) \div V_1$.

Pour les composés pour lesquels il n'existe pas de réactifs absorbants (l'hydrogène H_2 ou le méthane CH_4 par exemple), on procède à un dosage par combustion (qui fait varier le volume de gaz par contraction ou dilatation) et volumétrie [10].

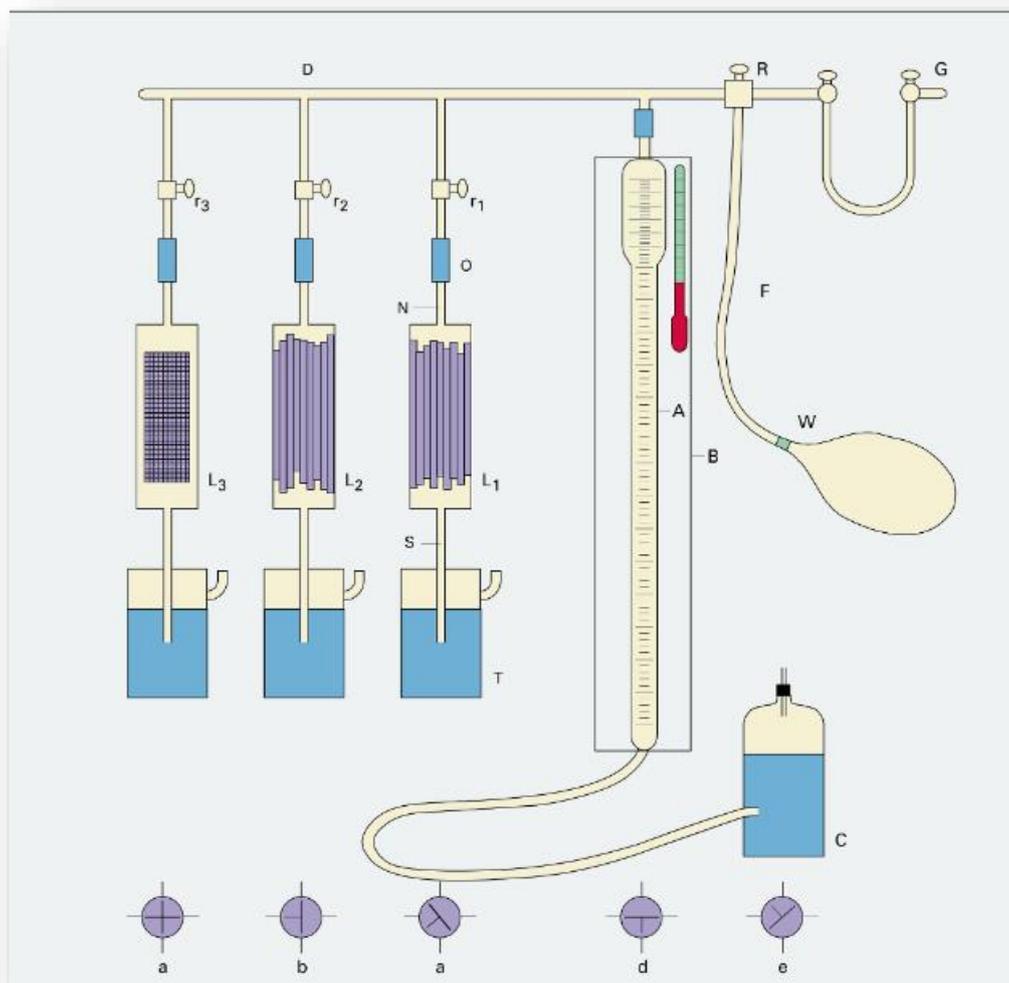


Figure 8 : Analyse par absorption (ou combustion) et volumétrie [25]

2.4.2. Analyse par absorption et colorimétrie

Principe : Cette technique est généralement employée avec des tubes de gels imprégnés, mais pas toujours (appareils basés sur les changements de coloration). Grâce à une préparation spéciale, le gel de silice imprégné d'un réactif coloré spécifique au composé change de coloration sur une longueur proportionnelle à sa teneur dans l'air [10].

Précautions : Le volume de gaz à analyser doit être déterminé précisément et doit traverser le tube à vitesse linéaire constante c'est-à-dire que le tube doit être relié à une pompe appropriée [10].

Composés détectables : Plus de 100 tubes différents (DRÄGER par exemple) permettent de déterminer des teneurs de l'air en gaz toxiques ; par exemple, le SO₂ avec une solution d'iode [10].

Plage des mesures : De quelques millièmes à quelques millions [10].

2.4.3. Absorption et autres procédés

Après l'absorption, les composés peuvent être dosés par **titrimétrie** (basée sur la connaissance de la proportion des éléments d'une solution), **spectrophotométrie** (basée sur les rapports entre l'absorption de deux faisceaux de lumière, en fonction de la longueur d'onde), **l'orométrie** (basée sur la mesure et l'enregistrement de signaux fluorescents), **néphélométrie** (basée sur la mesure de la concentration d'une émulsion, par comparaison de sa transparence avec celle d'une préparation étalon), **conductimétrie** (basée sur la conductance d'une solution, c'est-à-dire à la concentration en ions de la solution) ou **ampérométrie** (basée sur les variations d'intensité du courant) [10].

2.5. Spectroscopie

La spectroscopie se base sur l'analyse des rayonnements électromagnétiques se traduisant par un spectre d'absorption du gaz dans des longueurs d'onde spécifiques. Ces méthodes utilisent l'absorption dans le visible, l'ultraviolet et l'infrarouge, mesurée grâce au spectromètre [11], souvent appelé spectrophotomètre dans les articles.

2.5.1. L'absorption dans l'infrarouge

Principe : A l'exception des gaz constitués d'atomes identiques (hydrogène, oxygène, azote, etc.) tous les gaz absorbent les rayonnements infrarouges et les transforment en chaleur d'où un très grand nombre de techniques de dosage basé sur cette mesure d'absorption [10 ; 11].

On utilise, pour les rejets automobiles, des analyseurs mieux adaptés, sans dispersion spectrale appelés NDIR (non dispersive infrared = infrarouge non dispersé). [11].

Composés détectables : Essentiellement CO et CO₂.

2.5.2. L'absorption dans l'ultraviolet

Certaines molécules gazeuses sont ion sable par un rayonnement ultraviolet et dosable par conductimétrie [10]. C'est une technique utilisée notamment pour la mesure du NO₂, actuellement délaissée au profit de la chimiluminescence [11].

2.5.3. Détection par chimiluminescence et photométrie

Principe : Certaines réactions chimiques s'accompagnent d'émissions de radiations spécifiques par chimiluminescence (c'est-à-dire qu'un apport d'énergie chimique provoque de la fluorescence) ; l'intensité de cette chimiluminescence est mesurée par photométrie [10].

La spectrofluorescence à température de l'azote liquide permet des dosages à 0,01 mg/ml [12].

Composés détectables : NO, NO₂, O₃, CO, certains composés soufrés ou phosphorés [10 ; 11].

2.5.4. Spectrométrie d'absorption atomique

Principe : L'élément à doser est dissocié, le plus souvent dans une flamme et placé dans un état « fondamental ». On mesure alors son absorption sur des longueurs d'onde caractéristiques.

Composés détectables : Pratiquement tous les métaux et métalloïdes, à l'exception du soufre, du carbone, des halogènes et des gaz. Dans notre cas, il s'agit donc essentiellement du plomb et des éléments catalytiques [11], du zinc et du cadmium.

2.6. Mesures magnétiques

Une corrélation entre la pollution en métaux lourds et des paramètres magnétiques simples : l'ARI (Aimantation Rémanente Isotherme) et la Susceptibilité Magnétique, a été mise en évidence [13].

Pour les émissions des moteurs automobiles, cette corrélation a été étudiée par BRILHANTE & al. [13]

Les appareils utilisés sont basés sur la mesure de l'intensité de l'aimantation. Nous ne rentrons pas dans

Les détails techniques. On revoit le lecteur à l'annexe de GEORGEAUD [1993, annexe 3] intitulée : « Modes opératoires et appareils utilisés pour les analyses chimiques et mesures magnétiques » où les techniques de mesures de l'aimantation rémanente et de la susceptibilité magnétique sont détaillées et à NOACK & al. , 1994, pp. 8-9, plus précis sur les appareils.

Des travaux effectués sur la susceptibilité magnétique des aiguilles de conifères montrent que cette méthode est utilisable et valable pour le dosage des métaux [14].

2.7. Détection par capture d'électron (ECD)

La chromatographie des gaz, avec détection par capture d'électrons a une sensibilité bien supérieure à celle du détecteur FID à ionisation (100 fois plus). Il est bien adapté à des mesures de PAN et de dérivés halogénés.

Les hydrocarbures ne donnent pas de réponse, ce qui conduit à un chromatogramme simple, non perturbé par la présence des très nombreux pics d'hydrocarbures [15].

Les mesures quantitatives de PAN sont délicates à obtenir, notamment du fait de son instabilité thermique [15]. Les détails techniques pour le dosage du PAN (préparation, analyse) sont détaillés dans cet article.

Composés détectables : PAN, dérivés halogénés [15], protoxyde d'azote (N₂O) [11].

2.8. ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE :

L'analyse granulométrique est la mesure de la taille des particules solides primaires provenant du sol et des sédiments. Les différentes tailles de particules sont déterminées soit par leur capacité à passer à travers différents tamis à mailles, soit par leur taux de sédimentation dans l'eau. Les tailles sont généralement représentées par les poids relatifs des particules dans les classes indiquées. Les limites de ces classes diffèrent selon les divers systèmes de classification couramment utilisés.

La distribution de la taille des particules est l'une des caractéristiques les plus stables du sol ou des sédiments, et constitue un facteur de contrôle important pour des caractéristiques telles que :

- la porosité ;
- la perméabilité ;
- la capacité de rétention d'eau;
- le potentiel de lixiviation;
- les stocks de nutriments échangeables ;
- l'échange cationique ;
- le comportement de désintégration;
- la sensibilité au vent et au transport par eau ;
- le comportement mécanique et géotechnique du sol.

L'analyse granulométrique des sédiments en suspension et de fond des lacs et des cours d'eau peut être utilisée pour aider à déterminer les relations entre la qualité de l'eau, les populations de flore et de faune et les caractéristiques des sédiments de fond. Le fractionnement des sols et des sédiments en différentes classes de taille peut également être utile pour la corrélation entre la texture du sol et sa concentration en polluants. De plus, l'analyse granulométrique est une condition préalable utile et parfois nécessaire à l'installation d'une fosse septique [16].

2.8.1. MÉTHODE DU TAMIS ET DE LA PIPETTE :

Dans la méthode du tamis et de la pipette, une aliquote de 30 ml d'échantillon de sol est traitée au peroxyde d'hydrogène pour éliminer l'excès de matière organique. L'échantillon est ensuite passé dans un tamis de 63 μm et soigneusement lavé pour éliminer les particules fines. La fraction liquide qui contient des particules inférieures à 63 μm est destinée à l'analyse à la pipette

Les solides du tamis de 63 μm sont séchés et passent à travers un nid de tamis dont les ouvertures sont successivement plus petites de haut en bas pour séparer les particules les plus grossières. Les fines particules qui en résultent et qui passent à travers tous les tamis sont ajoutées à la fraction aqueuse. Cette fraction est agitée pour remettre les particules en suspension et une pipette est utilisée pour extraire les aliquotes à une profondeur constante et à des temps de décantation variés. Conformément à la loi de Stokes, cela est conçu pour représenter des particules de diamètres spécifiques en fonction du taux de décantation de chaque fraction. La méthode du tamis et de la pipette utilise le système de classification de Wentworth, qui décompose la structure du sol en niveaux de gravier, de sable, de limon, d'argile et de phi. Ce système de classification est le plus couramment utilisé en Amérique du Nord et est recommandé pour les sols et sédiments environnementaux [16].

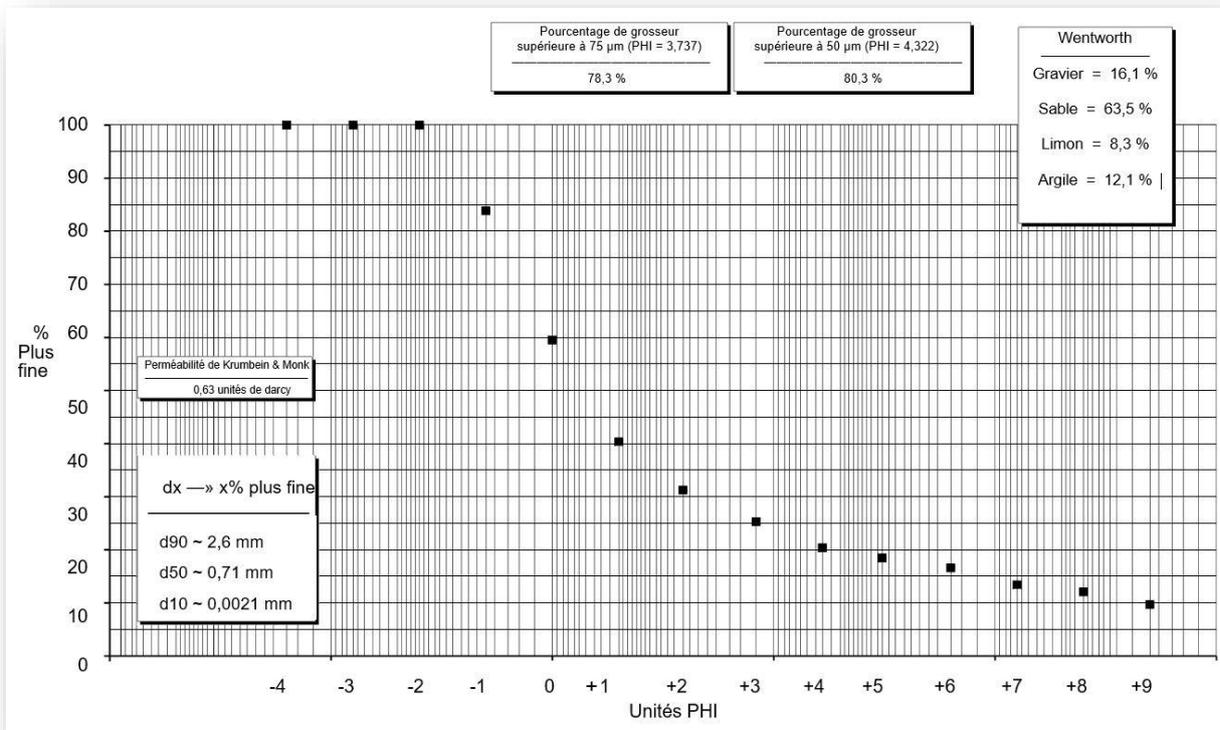


Figure 9 : Distribution de la taille de particules [26]

2.8.2. MÉTHODE DE L'HYDROMÈTRE :

La méthode de l'hydromètre utilise le Système canadien de classification des sols pour le sable, le limon et l'argile. Cette méthode est moins précise que la méthode du tamis et de la pipette et est généralement utilisée pour déterminer la texture du sol sur des échantillons qui n'ont subi aucun prétraitement.

Dans cette méthode, une aliquote de 40 g d'échantillon de sol est traitée avec une solution de dispersion et placée sur un agitateur à plat pour désagréger les particules de sol. L'échantillon est ensuite passé dans un tamis de 2000 µm. Les solides retenus dans le tamis est séché et pesés pour déterminer le pourcentage de gravier. La solution passe à travers le tamis et est recueillie dans un cylindre de sédimentation pour se stabiliser pendant la nuit. L'échantillon est mélangé dans le cylindre de sédimentation et les lectures de l'hydromètre sont prises à 40 secondes et 7 heures. La lecture de l'hydromètre décompose les niveaux de sable, de limon, d'argile et d'humidité dans l'échantillon [16].

2.8.3. CLASSIFICATION GROSSIÈRE OU FINE :

Les organismes de réglementation (dont le CCME, le PIRI de l'Atlantique, le MECC de l'Ontario, l'AENV et le MESCC de la Colombie-Britannique) ont élaboré des critères de référence distincts pour la qualité des sols et des eaux souterraines sur la base de la texture du sol (c'est-à-dire les sols grossiers et fins). Le sol ou les sédiments peuvent être classés comme grossiers ou fins grâce à une simple analyse basée sur le tamisage humide avec un seul tamis [16].

2.9. Interprétation des Résultats

Comparaison avec les Normes : Comparaison des résultats obtenus avec des valeurs de référence ou des seuils critiques pour évaluer la fertilité du sol.

Recommandations Agronomiques : Formulation de recommandations pour la gestion des nutriments, l'ajustement du pH, l'amélioration de la structure du sol, etc. [8]

2.10. Limitations d'analyse du sol

Coût Élevé : Les analyses de sol en laboratoire peuvent être coûteuses, en particulier si des analyses détaillées et fréquentes sont nécessaires.

Temps de Réalisation : Le processus d'analyse, de la collecte des échantillons à la réception des résultats, peut prendre du temps, retardant les interventions nécessaires sur le terrain.

Besoin de Compétences Techniques : L'interprétation des résultats d'analyse de sol nécessite des compétences techniques et une connaissance approfondie de la science des sols et de l'agronomie.

Accès et Disponibilité : Dans certaines régions, l'accès aux laboratoires de qualité et aux services d'analyse peut être limité, réduisant la possibilité d'effectuer des analyses régulières.

Échantillonnage Représentatif : Une mauvaise technique d'échantillonnage peut conduire à des résultats non représentatifs et à des recommandations incorrectes.

Conclusion :

L'analyse du sol est essentielle pour l'agriculture, car elle permet de comprendre la texture, la composition et la matière organique du sol. Ces éléments influencent la fertilité, la rétention d'eau et la disponibilité des nutriments. Les analyses en laboratoire, bien que coûteuses et nécessitant des compétences techniques, fournissent des informations cruciales pour gérer et améliorer la productivité des sols agricoles. Cependant, il est important de surmonter les défis liés aux coûts et à l'interprétation des résultats pour maximiser les bénéfices de ces analyses.

Face à ces exigences, il devient impératif de s'appuyer sur des technologies innovantes capables de fournir des informations précises et exploitables. Dans le chapitre suivant, nous présenterons l'AGROSCAN ANALYSER, notre solution technologique de pointe conçue pour transformer l'analyse des sols agricoles. Vous découvrirez en détail les fonctionnalités, la conception et les avantages de cette machine révolutionnaire.

Chapitre 2

Conception du Prototype d'Analyse du Sol

Introduction :

L'agriculture de précision, également connue sous le nom d'agriculture de précision ou d'agriculture intelligente, est apparue comme une approche révolutionnaire de l'agriculture moderne, transformant la façon dont nous cultivons et gérons nos fermes.

À la base, l'agriculture de précision exploite la puissance de la technologie pour optimiser divers aspects de la production agricole, conduisant à une augmentation des rendements, à une réduction du gaspillage des ressources et à une durabilité améliorée. [10]

Cependant, de nombreux agriculteurs rencontrent des difficultés à évaluer l'état de leur sol de manière fiable et économique. Les méthodes traditionnelles d'analyse du sol peuvent être coûteuses, chronophages, et nécessitent souvent l'intervention de laboratoires spécialisés.

De plus, les résultats obtenus ne sont pas toujours faciles à interpréter pour les agriculteurs, ce qui limite leur capacité à prendre des décisions éclairées concernant les pratiques de fertilisation, d'irrigation, et de gestion des cultures.

Dans ce chapitre, nous allons approfondir le prototype et le rôle central de notre machine d'analyse du sol que nous avons nommée AGROSCAN ANALYSER, et nous avons intégré dans cette machine des technologies innovantes et des capteurs pour surveiller le sol et la production agricole.

1. Définition :

L'AGROSCAN ANALYSER est une machine innovante dédiée à l'analyse précise et rapide des sols agricoles. Équipée de capteurs de pointe, elle mesure divers paramètres cruciaux du sol, incluant la température, l'humidité, le pH, ainsi que les niveaux de nutriments essentiels tels que l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K).

Ces données, collectées par les capteurs, sont ensuite transmises à une application de bureau qui non seulement affiche les mesures, mais offre également une interprétation détaillée des résultats. L'application fournit en outre des recommandations pratiques et personnalisées pour aider les agriculteurs à optimiser la gestion de leurs cultures, (**Voir la figure 1**).



Figure 1 : Schéma détaillé de projet Agrosan Analyzer

2. Conception d'AGROSCAN ANALYZER :

2.1. Structure Physique :

- **Barre de fer :** La barre de mesure est fabriquée en métal robuste, comme de l'acier inoxydable, pour une durabilité et une résistance accrues. Cette barre contient tous les capteurs et sondes de mesure nécessaires pour l'analyse des sols, Les capteurs de température, d'humidité, de pH et de nutriments (NPK) sont fixés sur cette barre, permettant une insertion directe et facile dans le sol pour des mesures précises, Aussi y a un trépied situé à **40 cm** de la base de la barre permet de stabiliser l'appareil et d'assurer que les capteurs soient insérés précisément à **40 cm** sous la surface du sol, garantissant des mesures cohérentes et fiables à cette profondeur standard. (Voir figure 2).

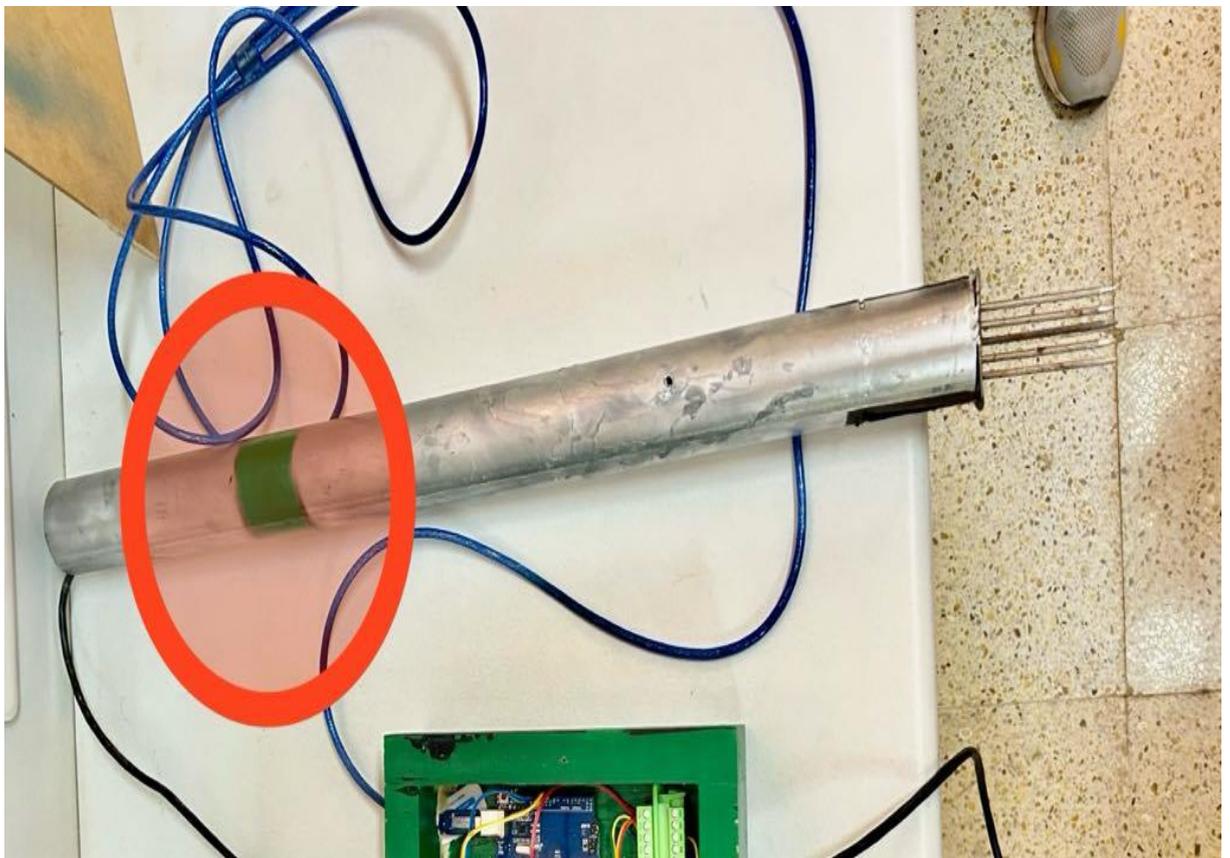


Figure 2 : Barre de fer

- **Boîtier de Commande :**
Le boîtier de commande est construit à partir de bois léger et de plexiglas, offrant une combinaison de robustesse et de portabilité. Le bois assure une structure solide et écologique, tandis que le plexiglas offre une protection transparente pour les composants internes, La sélection de matériaux légers assure que le boîtier reste facile à manipuler, même lors de longues sessions de mesure, Le boîtier contient le circuit électronique nécessaire pour traiter les données des capteurs, (Voir figure 3).

Ce circuit est protégé par le boîtier en bois et plexiglas, assurant sa durabilité et son bon fonctionnement, Des témoins lumineux (LED) sur le boîtier fournissent des informations instantanées sur l'état de l'appareil et des capteurs (alimentation, connectivité, statut de mesure). (Voir figure 3).

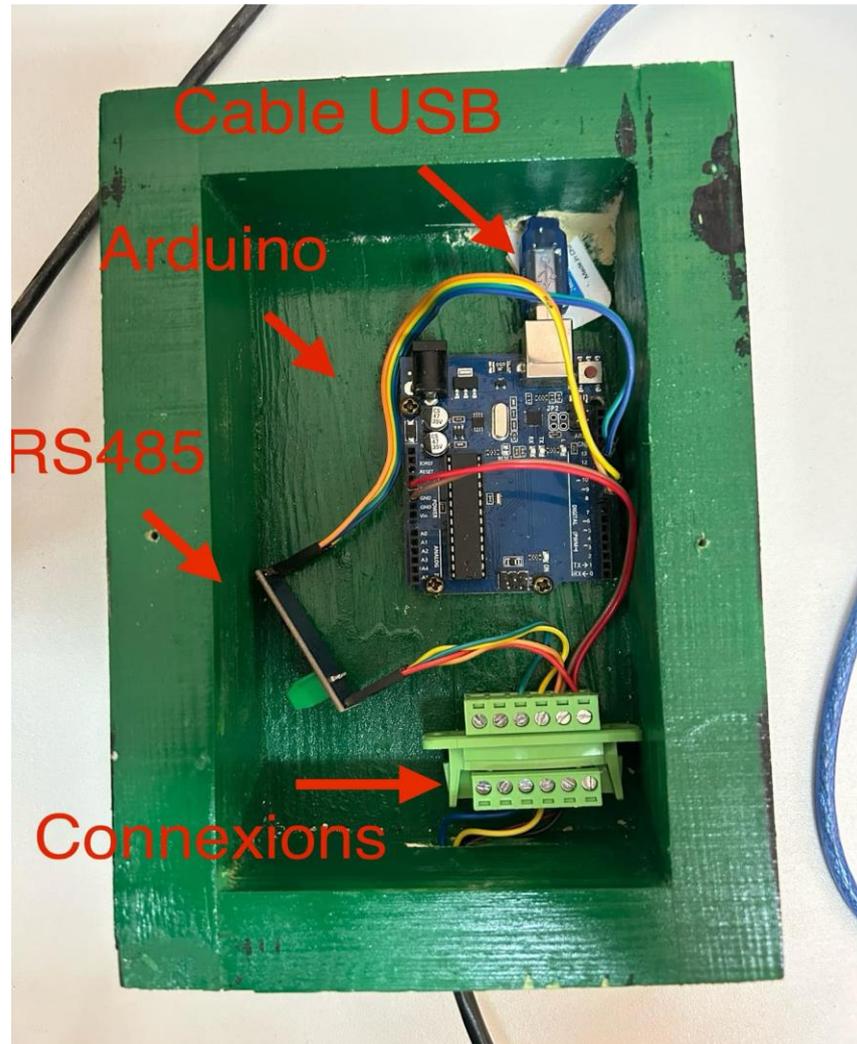


Figure 3 : Boîtier de commande

Par suite, on trouvera le Schéma électrique de notre prototype qui est représenté dans la **figure 4** pour plus d'information et plus de détails.

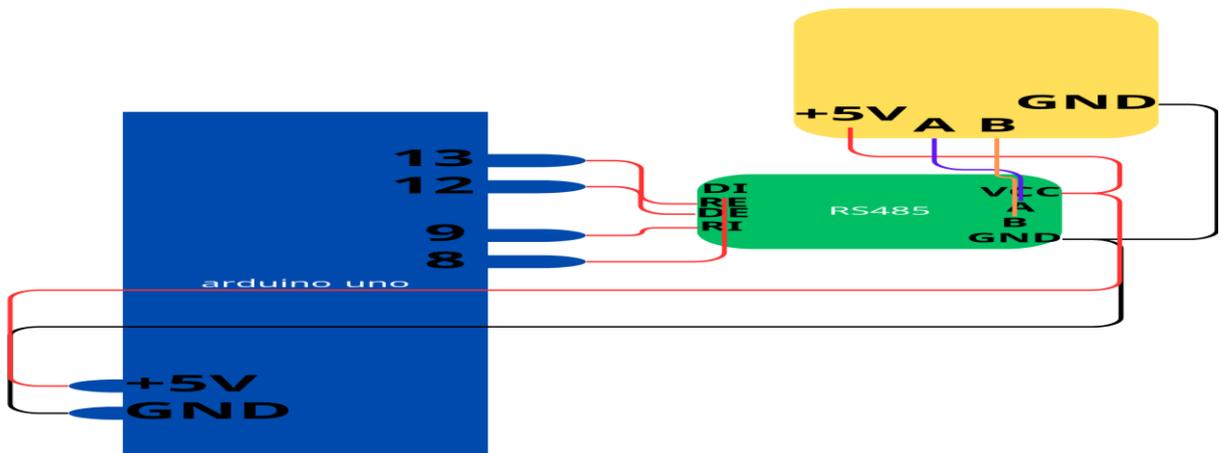


Figure 4 : Schéma du circuit électronique

2.2. Composants Internes et Capteurs :

2.2.1. Capteurs Intégrés sur la Barre de Mesure :

Les capteurs utilisés sont intégrés dans une barre de fer, ce qui permet de mesurer directement les paramètres du sol sur le terrain. Les données collectées par ces capteurs sont essentielles pour évaluer la fertilité du sol et pour aider les agriculteurs à prendre des décisions éclairées sur les pratiques de fertilisation et d'irrigation.

A. Capteur de Température

- Plage de Mesure : -40°C à 80°C
- Précision : $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (à 25°C)
- Stabilité à Long Terme : $\leq 0.1\%^{\circ}\text{C}/\text{an}$
- Temps de Réponse : ≤ 15 secondes

B. Capteur d'Humidité

- Plage de Mesure : 0-100%RH
- Précision : $\pm 3\%$ dans la plage 0-50%RH, $\pm 5\%$ dans la plage 50-100%RH
- Stabilité à Long Terme : $\leq 1\%RH/\text{an}$
- Temps de Réponse : ≤ 4 secondes

C. Capteur de pH

- Plage de Mesure : 3-9 pH
- Précision : ± 0.3 pH
- Stabilité à Long Terme : $\leq 5\%/\text{an}$
- Temps de Réponse : ≤ 10 secondes

D. Capteur NPK (Azote, Phosphore, Potassium)

- Plage de Mesure : 1-2999 mg/kg (mg/L)
- Résolution : 1 mg/kg (mg/L)
- Temps de Réponse : <1 seconde



Figure 5 : Capteur du PH, NPK, Humidité, Température

2.2.2. Technologie de Transmission de Données :

Notre technologie peut travailler avec plusieurs prises de terre à la fois cela pour économiser du temps, Y'aura des agroskan analyzer filles et agroskan analyzer mère.

2.2.2.1. AGROSCAN ANALYSER Filles (Unités de Terrain) :

- Chaque AGROSCAN ANALYSER est équipé de capteurs pour mesurer les paramètres du sol (température, humidité, pH, NPK).
- Utilise la connectivité Bluetooth pour transmettre les données collectées à la machine mère.

2.2.2.2. Machine Mère (Centralisateur des Données) :

- Située à une distance centrale où elle peut recevoir les signaux Bluetooth des AGROSCAN ANALYSER filles.
- Intègre un récepteur Bluetooth pour communiquer avec les unités filles.

2.2.2.3. Transmission des Données :

- **Réception Bluetooth :** La machine mère reçoit les données en temps réel des AGROSCAN ANALYSER filles via Bluetooth. Chaque unité fille transmet ses mesures (température, humidité, pH, NPK) à la machine mère.

- **Centralisation et Stockage** : Les données reçues sont centralisées et stockées dans la mémoire de la machine mère.

2.2.2.4. Transfert vers l'application :

- **Connexion par Câble USB** : Pour une transmission sécurisée et fiable des données collectées, la machine mère peut être connectée à un ordinateur ou à un système de gestion via un câble USB.
- **Traitement des Données** : Une fois transférées, les données peuvent être analysées, interprétées et présentées aux utilisateurs via une application de bureau ou une interface web.

En résumé cette technologie dans une figure (voir figure 6)

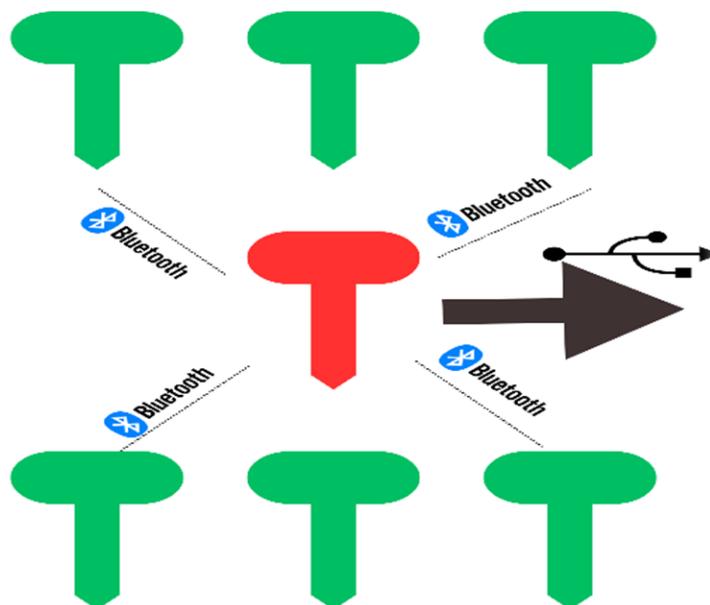


Figure 6 : Résumé de la technologie de transmission des données

2.2.3. Source d'Énergie :

- **Batterie Rechargeable** : L'AGROSCAN ANALYSER est équipé d'une batterie rechargeable offrant une autonomie suffisante pour une utilisation prolongée sur le terrain. (Voir figure 7)

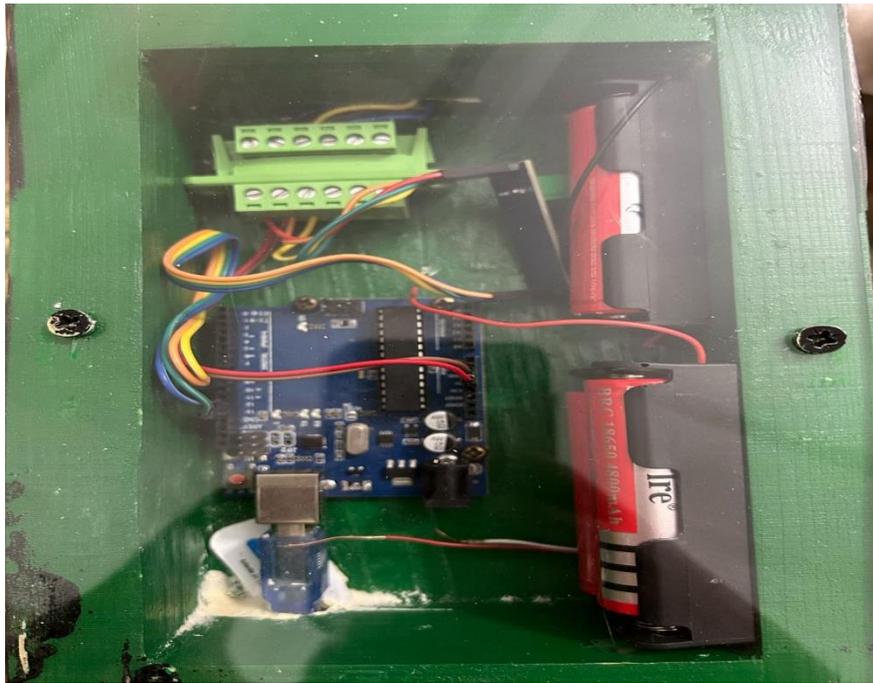


Figure 7 : Batterie rechargeable

- **Option de Charge Solaire :** Pour une utilisation durable et continue, une option de charge solaire a été intégrée, permettant de recharger l'appareil même en l'absence de sources d'alimentation conventionnelles. (Voir la figure 8)

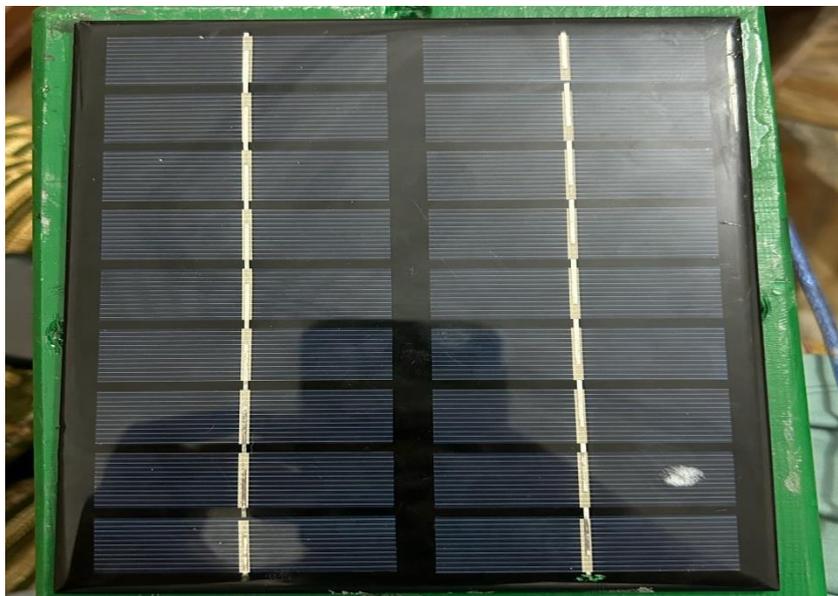


Figure 8 : option de charge solaire

2.2.4. Évolutivité et Mise à Jour :

- **Modularité :** La conception modulaire permet de remplacer ou de mettre à niveau les capteurs individuellement, offrant une flexibilité pour l'intégration de nouvelles technologies.

- **Mises à Jour Logicielles** : L'application de bureau et le firmware de l'appareil peuvent être mis à jour régulièrement pour intégrer de nouvelles fonctionnalités et améliorer les performances.

2.3. Application AGROSCAN ANALYZER APP

2.3.1. Programmation :

On a utilisé langage c# pour le développement de l'application agrosan analyzer app (Voir figure 9,10)

```
else
{
    FCN_AI fcn_AI = new FCN_AI();
    string outputPath = @"C:\\Users\\Administrateur\\Desktop\\Nouveau dossier (2)\" + gunaTextBox1.Text + ".pdf";

    // Créer un document
    Document doc = new Document();
    try
    {
        // Créer un writer pour écrire dans le document
        PdfWriter writer = PdfWriter.GetInstance(doc, new FileStream(outputPath, FileMode.Create));

        // Ouvrir le document pour ajouter du contenu
        doc.Open();

        // Ajouter une image en haut complètement à gauche
        string imagePath = @"C:\Users\Administrateur\Desktop\IMPORTANT\LOGO.png"; // Chemin de logo

        iTextSharp.text.Image img = iTextSharp.text.Image.GetInstance(imagePath);
        img.SetAbsolutePosition(0, doc.PageSize.Height - img.ScaledHeight);
        doc.Add(img);

        // Dessiner le rectangle en haut de la page
        BaseFont baseFont = BaseFont.CreateFont(BaseFont.COURIER, BaseFont.CP1252, BaseFont.NOT_EMBEDDED);
        iTextSharp.text.Font titleFont = new iTextSharp.text.Font(baseFont, 22, iTextSharp.text.Font.BOLD);
        string title = "ANALYSE DE TERRE";
        titleFont.Color = new BaseColor(0, 148, 50);
        Paragraph titleParagraph = new Paragraph(title, titleFont);
        titleParagraph.SpacingAfter = 10f;
    }
}
```

Figure 9 : exemple de programmation 1

```
int i = 0;
serialPort1.PortName = cmb_port.Text;
serialPort1.BaudRate = Convert.ToInt32(cmb_baud.Text);
serialPort1.Open();
for (i = 0; i <= 10; i++)
{
    serialPort1.Write("1");
}
serialPort1.Write("1");
referenceForm_principal.MettreAJourLabel("Connecté", cmb_port.Text);
btn_start.Enabled = false;
btn_stop.Enabled = true;
timer1.Enabled = true;
timer1.Start();
timer1.Interval = 1000;
progressbar_verification_port.Maximum_Value = 10;
timer1.Tick += new EventHandler(timer1_Tick);
}
catch (Exception ERREUR)
{
    MessageBox.Show(ERREUR.Message);
}

Random aleatoire = new Random();
int entier = aleatoire.Next();
DateTime dh = DateTime.Now;
//envoyer le mail et ajouter a la base de données
FONCTIONS_DB fcn_db = new FONCTIONS_DB();
```

Figure 10 : exemple de programmation 2

2.3.2. Fonctionnalités Clés :

2.3.2.1. Connexion et Affichage des Données :

- **Intégration Machine** : L'application se connecte directement aux machines AGROSCAN ANALYZER via une connexion filaire, permettant de recevoir en temps réel les mesures précises des capteurs (température, humidité, pH, NPK) depuis le terrain, (**Voir figure 11**).

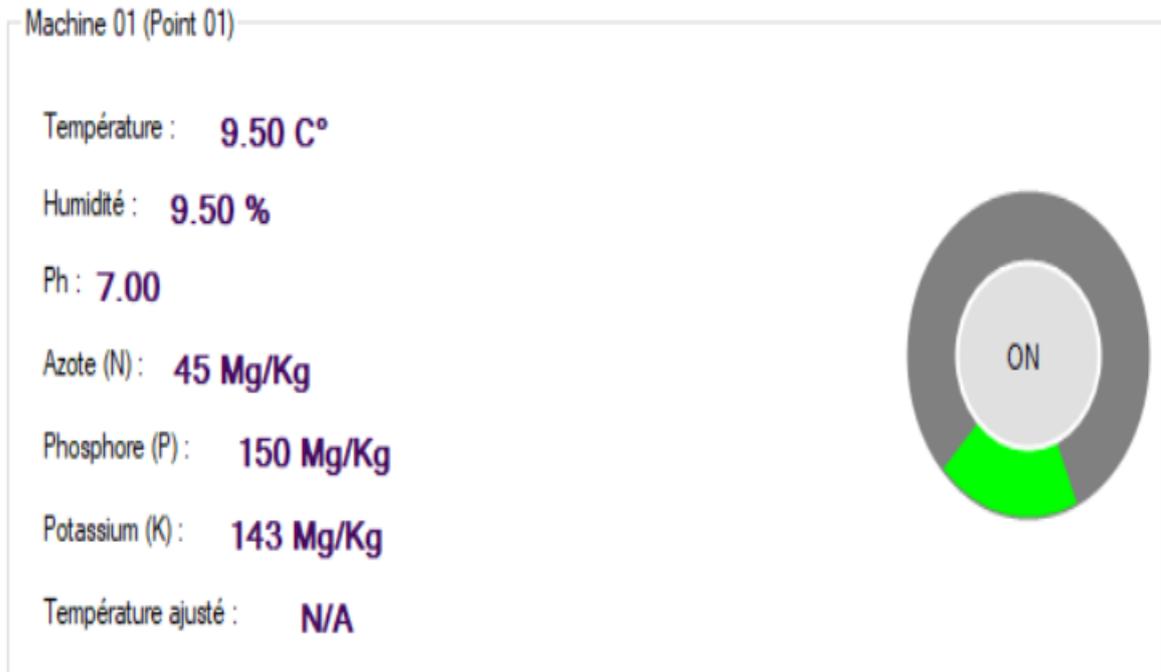


Figure 11 : Mesures reçu dans l'application en temps réel

Voici quelques photos prises dans des tests sur terrain (**Voir figures 12,13**).



Figure 12 : Essai sur terrain au mois de janvier 2024



Figure 13 : Essai dans la serre d'université Ain temouchent au mois de juin 2024

- **Affichage Graphique :** Affichage graphique des données pour une visualisation claire et détaillée des conditions du sol et des tendances temporaires, (**Voir figure 14**).

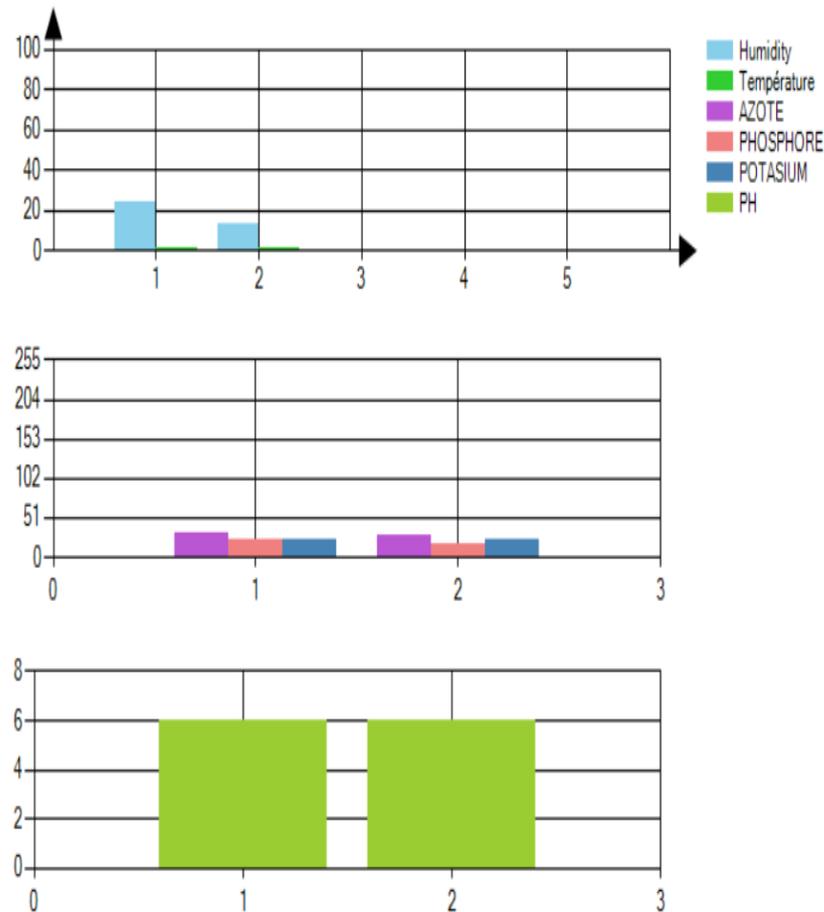


Figure 14 : Graphes des données

2.3.2.2. Analyse Avancée avec Intelligence Artificielle :

- **Interprétation Automatisée** : Utilisation de techniques avancées d'intelligence artificielle (IA) pour interpréter les données brutes et générer des analyses détaillées de la santé et de la fertilité du sol.
- **Modèles Prédicatifs** : Application de modèles prédictifs pour anticiper les besoins en irrigation, en fertilisation et autres pratiques agricoles basées sur les conditions du sol actuelles et historiques.

2.3.1.3. Rapports Techniques et Conseils :

- **Génération Automatique de Rapports** : Création automatique de rapports techniques détaillés sur les propriétés du sol, incluant les niveaux de nutriments, l'acidité, l'humidité, etc. Voici un exemple d'un rapport généré (Voir figure 15).

AGROSCAN ANALYZER

ENSEMBLE POUR VOUS
AIDEZ



ANALYSE DE TERRE

Nom & Prénom : MAHDJOUR MOHAMED NASSIM

N Analyse : 1193177787

Position : AIN TEMOUCHENT

ID : 470583756

Téléphone : 0555293112

Contact : 0555293112

Culture : Betterave

Température: 24,75 [20 - 28]

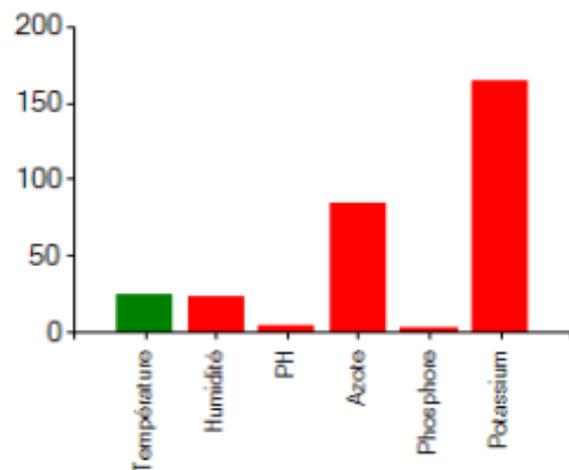
Humidity: 23,85 [70 - 80]

PH : 5 [5,8 - 7]

Azote (N) : 84 [150 U/Ha]

Phosphore : 3 [120 U/Ha]

Potassium : 164 [250 U/Ha]



- Température idéale avec efficacité de 100 %

- Humidité très faible et ça risque de poser des problèmes sur le rendement de la culture ,Efficacité est de 80 %

- PH est considéré comme idéale il faut juste faire attention au PH de l'eau parce que il influs directement au PH du sol , l'efficacité est de 100 %

Traitement des engrais :

- L'Azote est insuffisant pour cette culture manque de 66 Unité / Ha , Efficacité : 34

- Phosphore est insuffisant pour cette culture manque de 117 Unité / Ha , Efficacité : 41

- Potassium est insuffisant pour cette culture manque de 86 Unité / Ha , Efficacité : 14

Figure 15 : Exemple du rapport technique généré par AI

- **Conseils Personnalisés** : Fourniture de recommandations personnalisées basées sur les analyses AI, aidant les agronomes et les spécialistes des sols à prendre des décisions éclairées pour optimiser les pratiques agricoles.

2.3.2.4. Interface Utilisateur Intuitive :

- **Navigation Conviviale** : Interface utilisateur intuitive permettant aux utilisateurs de naviguer facilement entre les différents modules, graphiques et rapports.
- **Personnalisation des Vues** : Options de personnalisation pour adapter les affichages et les analyses en fonction des besoins spécifiques de votre entreprise et des clients.

2.3.2.5. Sécurité et Confidentialité :

- **Protection des Données** : Garantie de la sécurité des données sensibles avec des mesures de protection robustes pour assurer la confidentialité des informations agronomiques critiques.

3. Conclusion :

En conclusion, l'AGROSCAN ANALYSER se révèle être une avancée majeure dans le domaine de l'agriculture moderne. Grâce à sa conception robuste et ergonomique, intégrant une barre de mesure avec des capteurs précis et un boîtier de commande portable, il offre une solution complète pour l'analyse des sols.

Les capacités de transmission de données en temps réel, couplées à une interface utilisateur intuitive et à des fonctionnalités avancées d'analyse, permettent d'obtenir des informations détaillées et exploitables sur les conditions du sol.

L'AGROSCAN ANALYSER ne se contente pas de collecter des données ; il les interprète également grâce à des algorithmes d'intelligence artificielle, fournissant ainsi des recommandations pratiques pour optimiser les pratiques agricoles.

Avec cette technologie, notre entreprise apporte une contribution significative à l'amélioration de la gestion des cultures, à la préservation des ressources naturelles et à la durabilité de l'agriculture.

Conclusion générale

Conclusion générale

En conclusion, l'AGROSCAN ANALYSER représente une avancée technologique significative dans le domaine de l'agriculture moderne. En offrant une solution complète et précise pour l'analyse des sols.

Cette machine innovante intègre des capteurs de pointe et une application intuitive pour fournir des informations détaillées et exploitables sur les conditions du sol. Grâce à ses fonctionnalités avancées, incluant l'intelligence artificielle pour l'interprétation des données et la génération de recommandations personnalisées, l'AGROSCAN ANALYSER aide les agriculteurs à optimiser leurs pratiques agricoles, à améliorer les rendements et à promouvoir une gestion durable des ressources.

Les perspectives pour le futur proche sont prometteuses. En continuant à améliorer la précision des capteurs et l'efficacité des algorithmes d'analyse, nous pouvons envisager des versions encore plus sophistiquées de l'AGROSCAN ANALYSER.

La future intégration de technologies supplémentaires, telles que l'Internet des objets (IoT) et des systèmes de gestion basés sur le cloud, permettra une surveillance continue et à distance des conditions du sol.

De plus, en élargissant l'accès à cette technologie et en la rendant plus abordable, nous pourrions toucher un plus grand nombre d'agriculteurs, contribuant ainsi à une agriculture plus productive, durable et résiliente.

Ainsi, l'AGROSCAN ANALYSER se positionne comme un outil indispensable pour l'agriculture du futur, permettant aux agriculteurs de relever les défis croissants de la production alimentaire mondiale tout en préservant l'environnement.

Notre engagement envers l'innovation continue et l'amélioration des performances de cette technologie assure que nous resterons à la pointe de l'agriculture de précision, offrant des solutions pratiques et efficaces pour les générations à venir.

Références

Références :

- [3] : PDF 769 04 2017.pdf
- [4] : <https://www.fao.org/soils-portal/about/definitions/fr/>
- [5] : Structure du sol <https://m.espacepouurlavie.ca/>
- [6] : Inventaires des sols du nord-ouest de l'Algérie : TH.M.SNV.FR.2021.127.pdf
- [7] : <https://www.terreom.fr/post/bien-comprendre-analyse-sol#viewer-bcitk>
- [8] : <https://fertilisation-edu.fr/9-le-sol/36-l-analyse-physique.html>
- [9] : CONSEILS JARDIN- pH du sol <https://www.promessedefleurs.com/>
- [10] : ENCYCLOPAEDIA UNIVERSALIS, 1995, Cédérom
- [11] : DEGOBERT, 1992
- [12] : MILUKAITE et NIKA, 1994
- [13] : GEORGEAUD, 1993
- [14] : SCHÄDLICH & al, 1995
- [15] : TOUPANCE, 1991
- [16] : www.bnva.com LABORATOIRE ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE DU SOL ET DES SÉDIMENTS
- [17] : Le rôle de la technologie dans l'agriculture de précision : <https://fastercapital.com/fr/>
- [18] : <https://m.espacepouurlavie.ca/>
- [19] : <https://www.terreom.fr/post/bien-comprendre-analyse-sol#viewer-5dprk>
- [20] : <https://www.terreom.fr/post/bien-comprendre-analyse-sol#viewer-bcitk>
- [21] : <https://www.agro-league.com/analyse-de-sol#analyse-de-la-texture-du-sol>
- [22] : <https://www.institut-agro-montpellier.fr/>
- [23] : CONSEILS JARDIN- pH du sol : <https://www.promessedefleurs.com/>
- [24] : <https://www.shutterstock.com/fr/search/npk>
- [25] : www.universalis.fr/
- [26] : www.bnva.com