

**Élaborer un modèle d'estimation de la
biomasse de colza à partir des images Landsat
8/9 à partir des données de Terre Inovia.**

Master 2 TGAE 2022-2023



Présenté par :

Mamadou BA

Sous la direction de :

Mr Clément Aouizérate
Responsable de stage

Et de
Mr Brice Anselme
Responsable pédagogique

Mini Projet Confidentiel



Sigles et Abréviations:

AP : Agriculture de Précision

API : Application Programming Interface

EH : Entrée Hiver

GPS : Global Positionning System

GREN : Groupe Régional d'Experts Nitrates

ID : Identifiant

INRA Institut National de la Recherche Agronomique

KML : Keyhole Markup Language

LAI : Leaf Area Index

LIST: Luxembourg Institute of Science and Technology

NPK : Nitrates, Phosphore et Potassium

OAD: Outil d'aide à la Décision

PPF : Plan Prévisionnel de Fumure Azoté

SH : Sortie Hiver

RMSE : Root Mean Square Error

ULG : l'université de Liège

ZT : Zone Tampon

Sommaire

Introduction	3
Méthodologie.....	7
Applications et résultats.....	6
Conclusion.....	27
Références bibliographiques	28
Tables des figures	29
Tables des matières	30
Annexes	31

I- Introduction :

L'agriculture est un secteur clé de l'économie mondiale, ayant des impacts significatifs sur la sécurité alimentaire, l'environnement et le bien-être humain. Le monde agricole fait face à de nombreux défis, de pressions sur les ressources au changement climatique en passant par la nécessité de fournir une alimentation de qualité à une population mondiale en croissance rapide. Ce qui le pousse à s'orienter dans la modernisation, la compétitivité, et dans la durabilité. Le monde agricole français n'en reste pas et fait face aux défis de répondre à cette modernité et durabilité du domaine avec l'utilisation des nouvelles technologies.

I-1) Contexte et objectif :

En France, l'agriculture est un secteur important de l'économie, jouant un rôle majeur dans la production alimentaire du pays. La France est considérée comme l'un des leaders mondiaux de l'agriculture durable, grâce à son engagement en faveur de pratiques durables, telles que l'agriculture biologique et les systèmes de production respectueux de l'environnement (FranceAgriMer, 2019).

Cependant, l'agriculture française est confrontée à des défis importants, tels que la pression des prix et la concurrence internationale, les réglementations environnementales strictes et la nécessité de maintenir la qualité des produits alimentaires. Pour relever ces défis, le secteur agricole français ainsi que les acteurs ont adopté des stratégies pour améliorer l'efficacité de la production et la durabilité des pratiques agricoles.

Selon une étude de FranceAgriMer (2019), "l'agriculture française est en train de se moderniser pour devenir plus compétitive et durable, en s'appuyant sur des innovations en matière de production, de protection de l'environnement et de qualité des produits." L'étude montre que l'agriculture française évolue pour répondre aux défis actuels et futurs, en mettant en œuvre des stratégies pour accroître une production durable et de qualité. Partant de ce sillage, on voit que l'agriculture de précision (AP) est un concept clé pour la modernisation et la durabilité de l'agriculture, en France et dans le monde entier. Cette approche repose sur l'utilisation de technologies innovantes pour fournir une information précise sur les conditions du terrain, les cultures et les ressources, permettant ainsi aux agriculteurs de prendre des décisions éclairées pour améliorer la production et la rentabilité. Elle joue un rôle crucial pour relever les défis actuels et futurs. Par exemple, en utilisant des technologies telles que les drones, les capteurs et les systèmes de gestion de données, elle peut permettre une meilleure

planification de la production, une gestion plus efficace des ressources telles que l'eau et les nutriments, et une réduction des impacts environnementaux négatifs de l'agriculture.

De plus, l'AP peut également contribuer à améliorer la qualité des produits alimentaires et à accroître la compétitivité de l'agriculture française sur les marchés mondiaux, tout en permettant aux agriculteurs de satisfaire les attentes des consommateurs en matière de produits alimentaires durables et de qualité (FranceAgriMer, 2019).

En France comme dans le monde entier, l'AP nécessite l'utilisation d'outils d'aide à la décision (OAD) pour atteindre ses objectifs. Les OAD, tels que les modèles de simulation, les algorithmes d'apprentissage automatique et les systèmes de gestion de données, permettent aux agriculteurs de prendre des décisions expérimentées sur les cultures, les ressources et les conditions du terrain. L'utilisation des OAD permet aux agriculteurs de maximiser la production, la qualité et les profits, tout en minimisant l'impact environnemental négatif de l'agriculture. Différentes structures mettent en place des outils et solutions pour une meilleure AP parmi lesquelles Wanaka fait partie.

La société Wanaka, spécialisée dans l'AP, utilise des outils d'aide à la décision pour offrir des solutions innovantes aux agriculteurs. Elle offre une plateforme collaborative avec le Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST) et l'université de Liège (ULg) pour créer AGROPTIMIZE pour la commercialisation d'Outils d'Aide à la Décision et d'outils d'AP en France et à l'international (www.wanaka.io).

Pour faire des conseils (recommandations issues des OAD sous forme de carte subdivisée en zone et pour chaque zone une dose d'azote est préconisée) aux agriculteurs, l'entreprise se réfère aux textes et réglementations établies par la France dans le domaine de l'AP. La France à travers les préfetures a mis en place des lois et restrictions (arrêtés préfectoraux) pour surveiller de près les pratiques agricoles notamment en dosage de fumure azoté, ce qui oblige les agriculteurs à déclarer leur Plan Prévisionnel de Fumure azoté (PPF). C'est-à-dire une dose d'engrais spécifique à savoir l'azote, qui ne doit pas être dépassé, et chaque région française fixe sa propre dose plafond à épandre (ceci est lié aux conditions géographiques de la région). Ce qui donne à l'agriculteur la marge de manœuvre pour déterminer la dose qu'il souhaite épandre.

Avec ses arrêtés préfectoraux, Wanaka utilise massivement des données issues de la télédétection et ses outils pour fournir des conseils pour accroître la rentabilité de l'exploitation agricole et répondre aux attentes environnementales et réglementaires.

L'étude de Bailleau en 2021 sur les cultures en France a montré que les cultures de céréales (blé et orge), de colza, de maïs et de betterave sont les plus prédominantes dans le pays. Cela a été confirmé par d'autres études sur l'agriculture française, telles que celle de la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture), qui a déclaré dans son rapport de 2020 : "En France, les céréales (principalement le blé et l'orge) sont les cultures les plus cultivées, suivies par le colza, le maïs et la betterave à sucre."

Cependant, il est important de noter que ces chiffres peuvent varier en fonction de la région et de la météo. Par exemple, selon l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), la répartition des cultures dépend fortement des conditions climatiques et des terres disponibles. L'INRA a déclaré dans son rapport de 2019 : "Dans les régions à forte pluviométrie, la culture de l'orge est prédominante, tandis que dans les régions à faible pluviométrie, le blé est le principal cultivé."

Pour ce qui est de Wanaka, ses conseils sont pratiquement orientés pour les cultures de Blé, de l'Orge et du Colza, dont ce dernier fait l'objet de notre étude.

Le colza (*Brassica napus*) est une culture de grande importance économique en Europe et dans d'autres régions du monde pour sa production d'huile végétale et de protéines. La biomasse est la quantité de matière végétale produite dans une zone donnée. Elle est utilisée pour évaluer la productivité des écosystèmes et est également utilisée dans la production d'énergie renouvelable. L'estimation de la biomasse de colza à partir d'images satellite est un sujet de recherche populaire en agronomie et en télédétection. La capacité à estimer la biomasse de colza à partir d'images satellite est cruciale pour une variété d'applications, notamment la gestion des cultures, la surveillance des parcelles et la planification des récoltes.

En France, le colza est principalement cultivé dans les régions du Nord et du Centre, avec une surface cultivée d'environ 2,5 millions d'hectares (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation, 2021). La biomasse de cette culture est utilisée pour la production d'huile végétale, de protéines pour l'alimentation animale et de biocarburants. L'estimation de la biomasse du colza à partir d'images Landsat 8/9 peut devenir un outil important pour les agriculteurs et les chercheurs. Selon une étude menée par Terres Inovia, une organisation française de recherche et de développement en agriculture, "l'utilisation de données satellitaires pour l'estimation de la biomasse de cultures est un outil efficace pour améliorer la gestion des cultures et la prévision des rendements" (Terres Inovia, 2020). L'étude a également montré que les données terrain de Terres Inovia ont permis d'améliorer la précision des estimations de biomasse du colza obtenues à partir des images Landsat 8/9.

Il est donc important pour les agriculteurs et les entreprises de pouvoir estimer la biomasse de cette culture pour évaluer sa productivité et planifier les stratégies de production. L'utilisation d'images Landsat 8/9 et de données terrain de Terres Inovia permet d'établir un modèle d'estimation de biomasse colza fiable et précis, qui peut être utilisé pour les prises de décisions en matière de production. L'entreprise WANAKA est en partenariat avec les structures de **Geosys** et **Terres Inovia**.

Geosys est une entreprise française spécialisée dans la fourniture de services et de solutions en matière de surveillance de l'environnement et de l'agriculture. Elle utilise les dernières technologies de l'information et de la communication pour fournir des informations en temps réel sur les conditions météorologiques, les sols et les cultures. Elle offre à Wanaka toutes les images satellitaires qu'elle utilise pour faire ses traitements.

Terres Inovia est une structure française qui a pour mission de soutenir les producteurs agricoles en matière de recherche et de développement. Terres Inovia se concentre sur la recherche en matière de cultures, d'environnement, de qualité et de durabilité. L'organisation fournit des conseils, des études et des services pour soutenir les producteurs agricoles dans la mise en œuvre de pratiques durables et compétitives.

I-2) Problématique :

L'étude de la biomasse est importante pour la productivité des cultures. Son estimation à partir d'images satellitaires est une méthode efficace pour mesurer la croissance des cultures et déterminer les besoins en nutriments et en eau. L'entreprise Wanaka a développé un modèle d'estimation du colza qui repose sur les données Sentinel 2. Donc l'utilisation des images Landsat 8/9 consiste à les adapter à ce modèle existant.

Comment élaborer un modèle d'estimation de la biomasse de colza à partir des images Landsat 8/9 en utilisant les données de Terres Inovia? Les images satellites peuvent fournir des informations précieuses sur l'état de la végétation, mais comment les utiliser pour obtenir une estimation précise de la biomasse de colza ? Comment traiter les données de Terres Inovia pour les inclure dans le modèle d'estimation ?

Pour répondre à ces questions, nous commencerons dans une première partie par faire la mise à jour des Plans Prévisionnels de Fumure Azoté à travers les nouveaux arrêtés préfectoraux et expliquer la logique de production d'une carte de fumure azotée, puis dans une seconde partie, faire le moyennage des pesées de terrain de Terres Inovia, et la projection de biomasse afin d'avoir des données déjà traitées pour faire un modèle. Enfin dans une troisième

partie de présenter les différentes méthodes d'estimation de la biomasse à partir d'images satellites (leurs avantages et inconvénients), présenter les caractéristiques des images Landsat 8/9, les données de terrain de Terres Inovia, élaborer et appliquer un modèle d'estimation et enfin d'analyser et discuter les résultats.

II- Méthodologie :

Afin de réaliser ce travail, une approche méthodologique peut être mise en œuvre. Elle passe par l'utilisation des outils internes de Wanaka, c'est-à-dire une chaîne de traitement de production d'un OAD développé par la structure.

II-1) Mise à jour des PPF

D'abord en ce qui concerne le PPF, il permet de calculer les doses de NPK (Nitrates, Phosphore et Potassium) nécessaires à chaque culture, pour chaque parcelle, des exploitations. C'est un outil pour ajuster la fertilisation azotée sur la parcelle. Pour le calcul du bilan de fumure, les données de l'année civile précédente l'année de contribution qui sont dominantes . Le bilan doit être calculé annuellement. Dans le processus de contrôle le bilan de fumure bouclé de l'année précédente est déterminant. Ceci nécessite d'abord, une mise à jour des PPF à travers les derniers arrêtés préfectoraux du GREN (Groupe Régional d'Experts Nitrates) qui encadre les méthodes de calcul des doses d'azote. Cette mise à jour passe par la collecte des derniers arrêtés ainsi que les paramètres (annexe 1) dont les valeurs ont changé et de les introduire dans la plateforme Agrofert2019 API (annexe 2) qui est l'outil développé par Wanaka pour le calcul de la dose prévisionnelle de fumure d'azote. Les paramètres de l'équation de calcul de la dose d'azote prévue (également appelée dose bilan d'azote pour les céréales à paille) peuvent varier d'une année à l'autre car les exploitations peuvent être situées en zones vulnérables ou des zones soumises à des mesures agro-environnementales spécifiques, ce qui justifie la nécessité de les mettre à jour régulièrement. Donc la mise à jour doit se faire pour chaque début de campagne. L'outil génère un document PDF qui respecte l'équilibre de la fertilisation azotée. Les différents paramètres à mettre à jour seront mis en annexe.

Les résultats obtenus à travers Agrofert calculent les doses prévisionnelles d'azote. Les résultats dépendent de la représentativité des prélèvements et de la précision des renseignements fournis par le client (le client doit fournir toutes les informations liées à la parcelle notamment la représentativité des prélèvements).

NB : La mise à jour des PPF était juste un travail à faire mais elle ne s'intègre pas forcément à notre sujet car au sein de l'entreprise les conseils en PPF sont faits uniquement pour les cultures de Blé et d'Orge car l'outil d'aide de décision a été développé (Agrofert) uniquement pour ces deux cultures.

II-2) Moyennage des pesées de terrain de Terres Inovia

Ensuite, la deuxième partie de notre travail consiste à faire le moyennage des pesées de terrain de Terres Inovia. L'entreprise Terres Inovia fournit des pesées de terrain de biomasse (des points avec la mesure de biomasse un peu partout en France) à Wanaka . Ces pesées de terrain servent à estimer la moyenne de la biomasse d'une surface (zone tampon en cercle de 20 m autour du point échantillonné). D'abord avec les points de Terres Inovia, on crée des zones tampons en carré de 400m de côté pour avoir une superficie de 16 ha qui sera considérée comme une parcelle et on commande l'image à Geosys afin d'établir des conseils (Geosys est le fournisseur d'images à Wanaka). La télédétection ne fournit pas des valeurs de biomasse, mais des indices quantifient l'état végétal de la plante , notamment le LAI, ce qui nécessite la transformation de ces indices en valeurs de biomasse. Le LAI est défini comme la surface développée des éléments photo-synthétiquement actifs de la végétation par unité de surface au sol (Chen et al., 2018). En d'autres termes, c'est la surface totale des feuilles par unité de surface au sol, directement liée à la lumière pouvant être interceptée par les plantes.

$$\text{LAI} = \text{Surface foliaire (m}^2\text{)} / \text{Surface au sol (m}^2\text{)}$$

Le modèle de conversion du LAI (le LAI est issu de l'image de Geosys qui fournit des images avec du LAI calculé) en biomasse pour le colza est calculé à partir des données satellites Sentinel-2 par régression. Ce modèle (équation) est intégré dans l'algorithme de la chaîne de production, utilisée dans la génération des conseils.

Les données fournies par Terre Inovia sont : l'ID, la fiabilité de la mesure, l'enherbement, la date de mesure, la biomasse moyenne EH (Entré Hiver) en g/m², ainsi que les coordonnées GPS.

Voici les étapes :

- Récupération des données de pesées de Terre Inovia
- Ajout sur Qgis et création des ZT de 400 m autour de chaque point : cette zone tampon constituera la parcelle que l'on doit créer sur la plateforme « Agrorendement » (annexe 3). C'est l'outil d'aide de décision de Wanaka à partir duquel on fait les conseils.
- Création des parcelles sur Agrorendement (Exportation des ZT sur l'OAD)

- Récupération des images à travers le script python développé en interne qui appelle l'API Geosys et de télécharger les images ou par Postman (annexe 5) : c'est une application de développement d'API qui permet aux développeurs de tester, documenter et déboguer les API. Il fournit une interface graphique conviviale pour les requêtes HTTP et les réponses. Il nous permet de faire des requêtes pour afficher nos images.
- Chargement des images dans Qgis et moyennage de la biomasse avec l'outil statistique de zone sur une zone tampon de 20m.

Schéma récapitulatif :

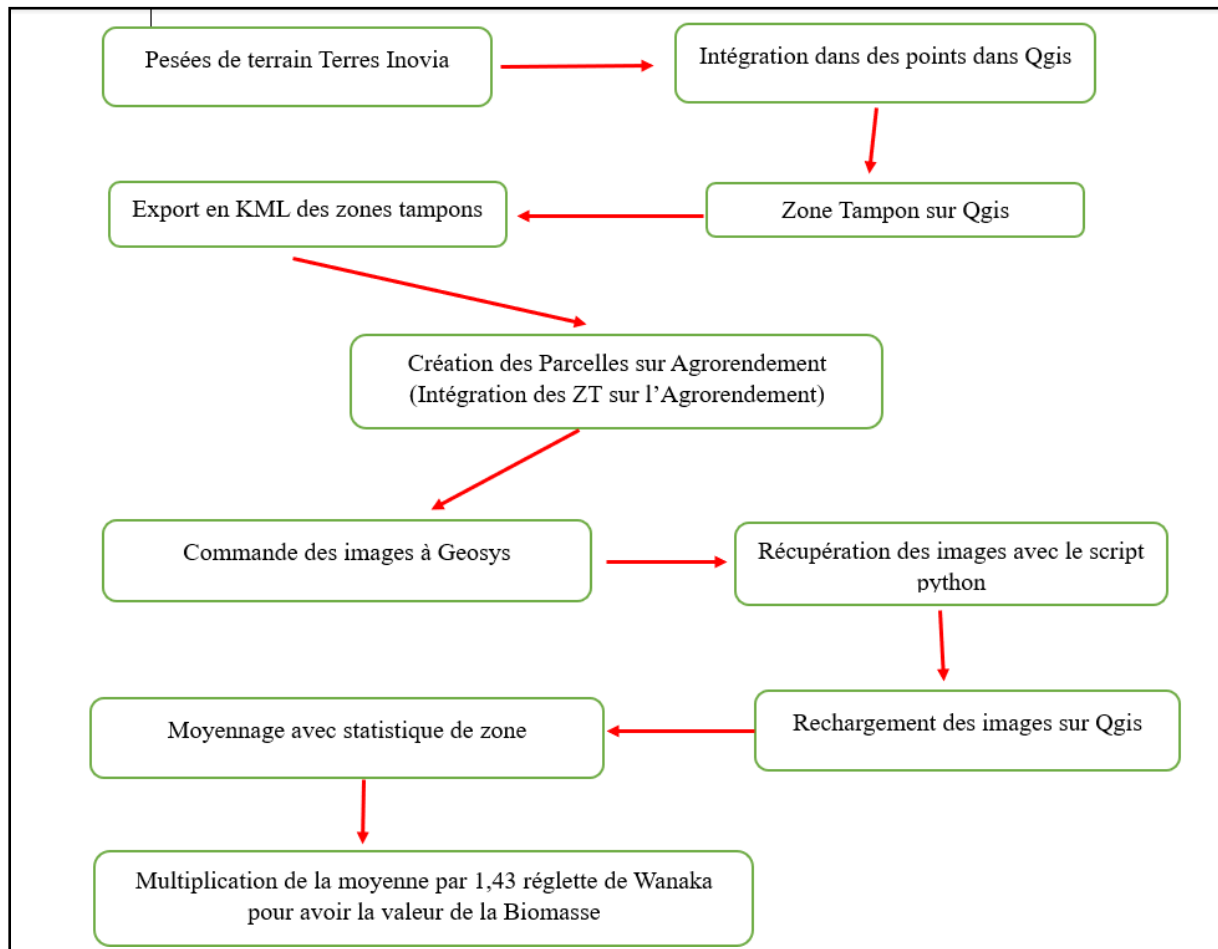


Figure 1: Schéma de la méthodologie de moyennage des pesées de terrain

Les techniciens de Terres Inovia ont estimé que le GPS utilisé pour les 178 points spécifiés avait une erreur marginale de 5 m. Pour représenter chaque point de prélèvement, nous avons créé un tampon de 400 mètres dans Qgis. Ces zones tampons constituent nos parcelles à inclure dans la base de données de l'entreprise, car l'algorithme de calcul d'indice ne s'applique pas aux parcelles inférieures à 1 ha. On les exporte en KML afin de pouvoir les intégrer dans l'outil « Agrorendement », c'est-à-dire de créer des parcelles à partir des points Terre Inovia

sur Agrorendement. Notre objectif était de récupérer l'image associée à chaque point d'échantillonnage, pour ensuite connecter les informations de localisation des parcelles à des tuiles satellites afin de leur attribuer un ID entre 30N et 31N dans le système de zonage global Mercator (UTM). En utilisant l'algorithme Geosys, nous avons obtenu les indices calculés pour ces 178 points en utilisant Landsat et Sentinel comme sources d'image. Nous avons téléchargé les images de LAI (Leaf Area Index) associées aux 178 points, et sur Qgis, nous avons calculé la moyenne de LAI en utilisant des statistiques zonales.

Les valeurs de LAI obtenues ont ensuite été jointes aux données du terrain dans le même fichier Excel.

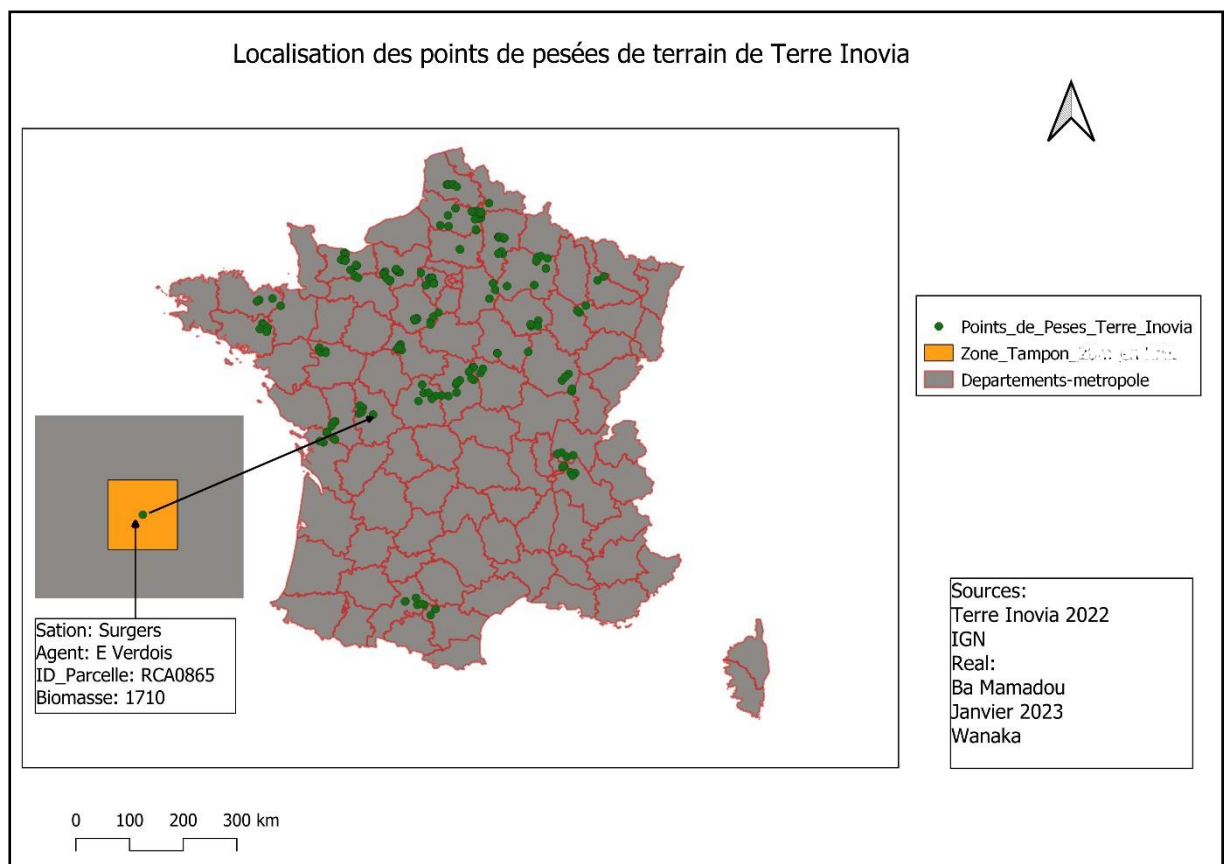


Figure 2: Carte de localisation des pesées de terrain de Terres Inovia en France

Ensuite, on passe par la création des parcelles sur la plate-forme Agrorendement.

Pour la création de parcelles sur Agrorendement, voici les étapes :

On ouvre d'abord l'outil et on va sur l'onglet mes parcelles => création de parcelle :

Wanaka

Mamadou Ba

Tableau de bord / Parcelles

Cette page vous permet de créer et de dessiner vos parcelles. Une fois celles-ci créées, pour commander un conseil (Colza, Blé, Orge), rendez-vous dans le menu Mes commandes.

parcelle exploitation identifiant login du conseiller - Culture -

- Campagne - Autres filtres

Créer une parcelle Télécharger tous les KML

Nom	Exploitation	Culture	Surface	Campagne	Complet	Référence
RTE DU HORPS	GAEC DE PETITTE VALLEE	Blé tendre d'hiver	15,14 ha	2022 - 2023	✓	PARC-84171
RIVIERE	303762 - SARL DU BOSQUET - DESCAMPS	Blé tendre d'hiver	2,76 ha	2022 - 2023	✓	PARC-84170
ROUTE DE SAILLY	303762 - SARL DU BOSQUET - DESCAMPS	Blé tendre d'hiver	3,21 ha	2022 - 2023	✓	PARC-84169
CHAMP A CAILLOUX	303762 - SARL DU BOSQUET - DESCAMPS	Blé tendre d'hiver	6,74 ha	2022 - 2023	✓	PARC-84168
CHAMPS BLEU	303762 - SARL DU BOSQUET - DESCAMPS	Blé tendre d'hiver	2,77 ha	2022 - 2023	✓	PARC-84167
dessus bois	307019-SCEA du Camp ST Pierre	Blé tendre d'hiver	6,94 ha	2022 - 2023	✓	PARC-84166
dessous bois	307019-SCEA du Camp ST Pierre	Blé tendre d'hiver	11,00 ha	2022 - 2023	✓	PARC-84165

Figure 3: Tableau de bord de l'OAD de Wanaka

Ensuite on remplit les informations de la parcelle :

Parcelles

Tableau de bord / Parcelles / Création

Création d'une nouvelle parcelle

Campagne : Campagne 2022 - 2023

Exploitation : --- Exploitation ---

Nom de la parcelle : Nom

Code postal : Code postal

Pays : France

Ville (facultatif) : Ville

Numéro Ilot PAC (facultatif) : Numéro Ilot PAC

Identifiant FMS : Identifiant FMS

Identifiant distributeur (facultatif) : Identifiant distributeur

Culture : --- Culture ---

Variété : Renseigner d'abord la culture

Sol : Renseigner d'abord le code postal et le pays

Conseil à ne pas facturer : ☐

N'oubliez pas de dessiner votre parcelle!

Annuler Enregistrer

Figure 4: Fenêtre pour la création d'une parcelle

Et enfin, on importe notre KML qui sera le contour de notre parcelle :

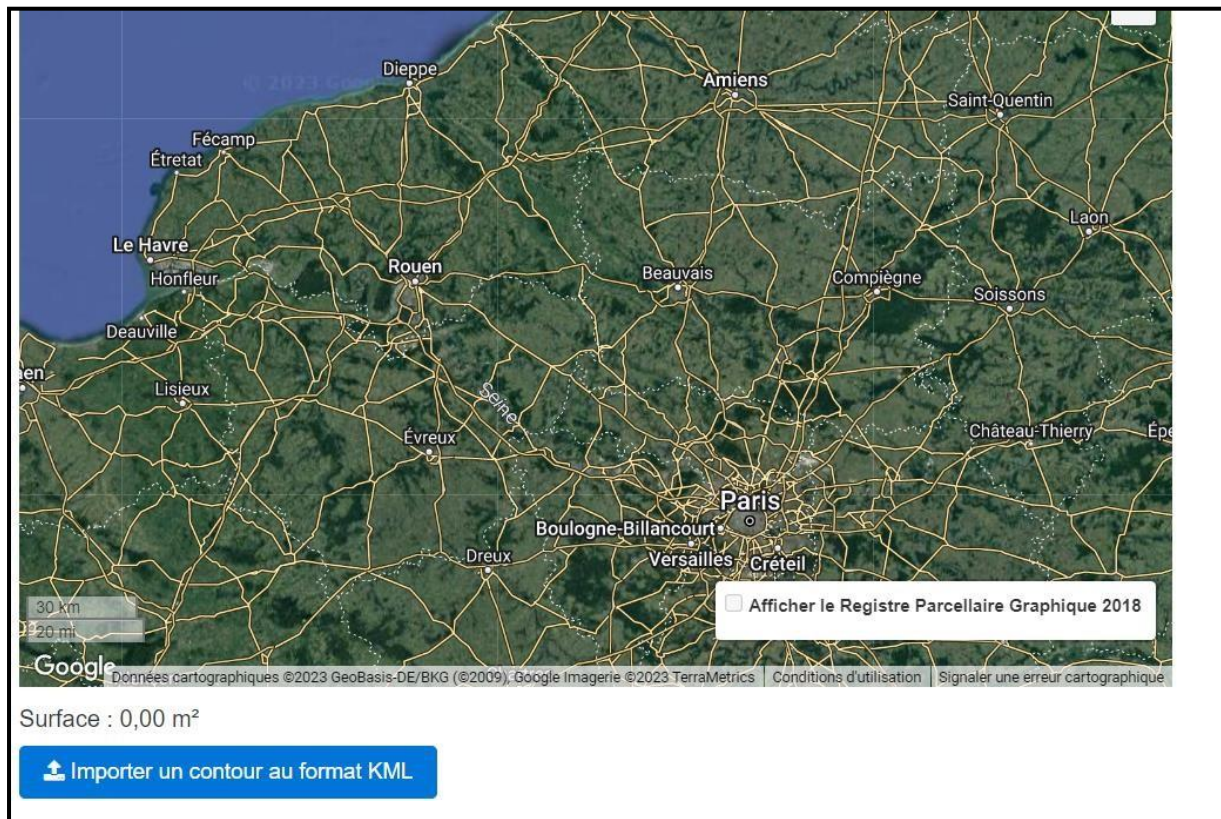


Figure 5: Fenêtre pour importer le contour en KML

Les opérations sont faites en EH (Entré Hiver) et SH (Sortie Hiver) car on reçoit des commandes en entrée et sortie hiver car la quantité de biomasse n'est pas pareille. Pour le colza, la fertilisation peut avoir lieu fin février, début mars. Voici un schéma sur les stades de croissance du colza

Stades de la croissance du colza d'hiver

Stade végétatif				Stade de croissance			
Germination	Levée des semis	Développement des feuilles	Montaison	Formation des bourgeons	Floraison	Formation des gousses	Murissement
GS 0 – 09	GS 10 – 19	GS 20 – 27	GS 30 – 39	GS 40 – 59	GS 60 – 69	GS 70 – 79	GS 80 – 89
Août	Août	Septembre	Mars/Avril	Avril	Mai	Mai/Juin	Juin/Juillet

Figure 6: Stades phénologiques du colza. Source : yara.fr

Après avoir terminé la création des parcelles, on passe la commande de l'image au niveau de Geosys afin de calculer le moyennage du LAI (car les images Geosys sont fournies avec l'indice foliaire) par statistique de zone au niveau de QGIS et on le multiplie avec 1.43 pour avoir la biomasse. La valeur 1.43 est la réglette de Wanaka pour avoir la moyenne de la biomasse à partir de la valeur du LAI issue de l'image fournie par Geosys c'est-à-dire la valeur issue de l'équation pour l'estimation de la biomasse.

II-3) Projection des biomasses

Enfin, on passe à la projection de la biomasse. Pour les conseils concernant les cultures du blé et du colza, basés sur l'estimation de la biomasse absolue utilisant l'indice de surface foliaire (LAI), il est crucial d'utiliser une image récente pour garantir la pertinence du conseil (idéalement prise moins de 20 jours avant la date de restitution du conseil). Cependant, il peut arriver qu'une parcelle ne dispose pas d'une image récente et que le client ne puisse ou ne veuille pas attendre l'acquisition d'une nouvelle image pour cette zone. Dans ce cas, une "projection de biomasse" peut être utilisée pour compenser l'écart entre la réalité du terrain et ce qui peut être mesuré sur l'image disponible.

En revanche cette méthode n'est absolument pas utilisée lors de l'élaboration du modèle d'estimation de biomasse. Elle est plutôt utilisée à posteriori d'un modèle déjà établi (durant la campagne). La projection est un processus qui consiste à trouver de manière approximative la biomasse d'une parcelle à partir de la moyenne d'un ensemble de parcelles qui se situent dans une zone tampon de 100 km d'un même distributeur ayant deux images différentes pour chaque parcelle pour le conseil. L'utilisation de deux images de dates différentes, nous permet d'avoir le gain (positif ou négatif) de biomasse que la parcelle a eu entre les deux dates. La date des deux images doit être entre le 20 octobre (avec cette date on est à au moins 1 mois 25 jours après la date de semis qui est aux alentours du 25 août pour le colza) et le 16 décembre (qui est la limite pour produire un conseil avec une image de cette) et que la date de semis doit être inférieur à la date de la première image.

Le travail de la récupération d'images se fait à travers le script python (annexe 5). Après avoir récupéré les images, la seconde étape consiste à sélectionner un ensemble d'une dizaine de parcelles autour de la parcelle dont on doit faire le conseil. Les parcelles sélectionnées doivent avoir deux images de dates différentes. Le moyennage consiste à calculer à travers l'outil « statistique de zone » sur Qgis la moyenne du LAI de chacune des deux images pour l'ensemble des parcelles sélectionnées. Une fois qu'on a calculé la moyenne de chacune des images, on fait pour chaque parcelle choisie la différence des moyennes de chaque image. On

divise cette différence par le nombre de jours qui sépare les deux images. Ensuite on fait la moyenne de l'ensemble des parcelles choisies. Cette dernière valeur sera multipliée par la réglette de Wanaka 1,43 pour avoir la valeur de la biomasse. La valeur 1,43 est la réglette de Wanaka pour avoir la valeur de la biomasse en le multipliant avec la moyenne de la LAI déjà eu à partir de l'image Geosys. On répète cette opération pour la dizaine d'images choisie et au final, on fait la moyenne par rapport aux parcelles choisies. Cette valeur sera attribuée comme le gain de biomasse gagné ou perdu de la parcelle. Ce gain sera utilisé dans la plate-forme Agrorendement pour faire le conseil de la parcelle selon la commande. Cette méthode n'est pas utilisée pour élaborer le modèle d'estimation de biomasse. C'est uniquement une méthode pour pallier au manque d'image satellite en campagne.

Schéma récapitulatif de la procédure de projection de biomasse :

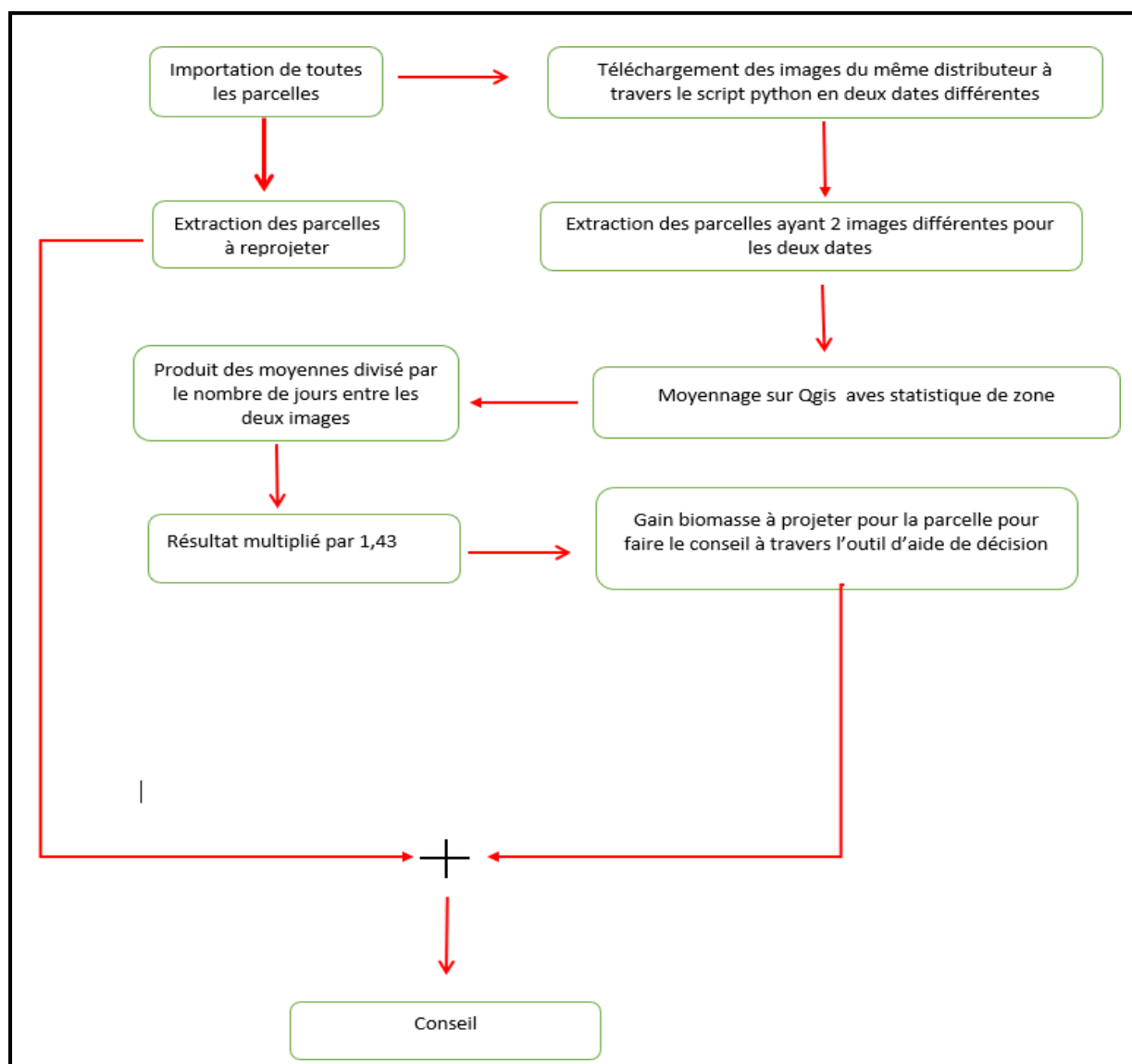


Figure 7: Méthodologie pour la projection d'une biomasse

III- Applications et résultats :

Dans cette partie nous appliquerons les différentes tâches réalisées jusque-là pour notre stage à savoir la mise à jour des paramètres PPF et la production d'un conseil PPF, le moyennage des pesées de terrain de Terres Inovia et enfin la projection de biomasse.

III-1) Réalisation d'un conseil PPF

D'abord, nous allons présenter un conseil de PPF d'après la mise à jour des paramètres, ensuite réaliser un moyennage des pesées de terrain de Terre Inovia et enfin faire une projection de biomasse pour une ou des parcelles qui à la date de restitution (date ou le conseil est demandé) n'ont pas d'images.

Pour les conseils de PPF, l'entreprise fait des conseils uniquement pour le Blé ou le Colza car jusque-là l'OAD développé pour les PPF ne tient compte uniquement ces deux types de cultures.

NB : les PPF fournis par l'entreprise ne sont pas règlementaires, ils sont juste à titre informatif. Les conseils donnent un aperçu aux agricultures sur le dosage à respecter.

Pour les conseils des PPF c'est l'OAD Agrofert qui calcule les doses prévisionnelles d'azote. Les informations de la parcelle sont remplies par le client. Une fois que toutes les informations sont remplies, on a juste besoin de l'identifiant de la parcelle et d'exécuter l'opération sur Agrofert.

C'est aux clients de fournir leurs informations de parcelles et de notre niveau on applique la chaîne de traitement avec l'outil d'aide de décision. On renseigne la parcelle avec son identifiant et on effectue le conseil :

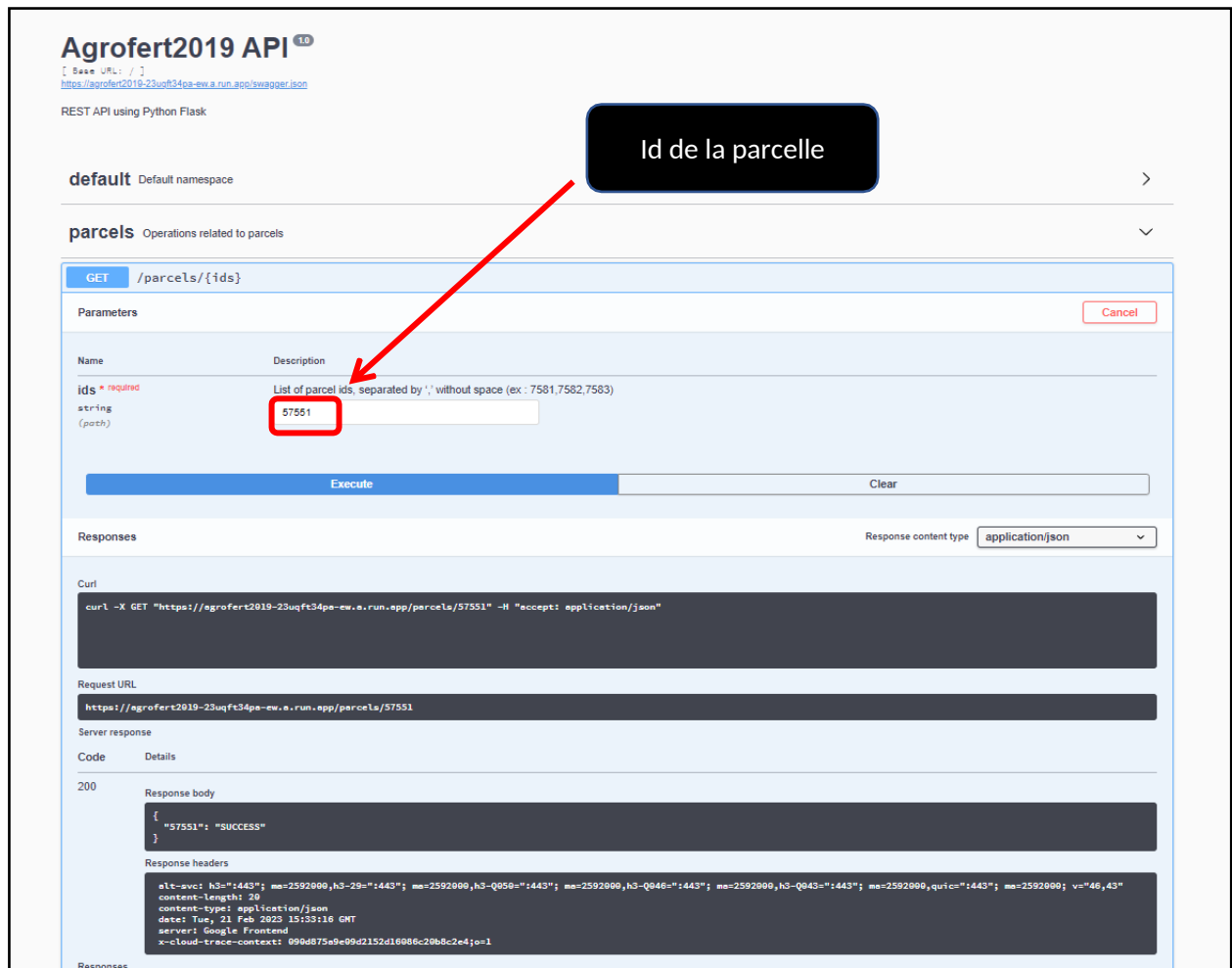


Figure 8: Interface de l'OAD Agrofert

Voici le conseil PPF après le traitement de l'OAD :

CALCUL DE LA DOSE PRÉVISIONNELLE D'AZOTE

Bilan effectué le : 21/02/2023

Nom de l'exploitation : 05356 - EARL Vaillant
Région : Nord-Pas-de-Calais
Commune : 59400

Identité de la parcelle

Nom de la parcelle	Cimetiere	ID parcelle	57551
Numéro Ilot PAC		Type de sol	Bois non calcaires à texture de surface limoneuse
Surface (ha)	7.87	Profondeur d'enracinement (cm)	profond - 90 cm

Renseignements culturaux

Culture	blé tendre d'hiver	Historique de gestion des résidus	Enfouis 1 an sur 2
Variété	Costello	Historique d'apport de matière organique	Fumier de bovins pailleux Tous les 5 ans et +
Date de semis	2022-10-09	Retournement de prairie	-
Stade végétatif de la culture	maître brin + 2 talles	Âge de la prairie	-

Date d'ouverture du bilan	SORTIE HIVER
Précédent cultural	Blé tendre d'hiver
Devenir des résidus	enfouis broyés (ou laissés en surface)
Culture intermédiaire	-
Pourcentage de légumineuses	
Date d'implantation	
Rendement (tMS/ha)	-
Date de destruction	-

Apport organique 1	Aucun
Date de l'apport	-
Quantité (t/ha)	-
Teneur en azote (kg de N/t ou kg de N/m3)	-

Apport organique 2	-
Date de l'apport	-
Quantité (t/ha)	-
Teneur en azote (%)	-

Les résultats sont obtenus par AgroFert, outil d'aide à la décision, qui calcule des doses prévisionnelles d'azote. Ces résultats dépendent de la représentativité des prélèvements et de la précision des renseignements fournis par le client.

Attention les PPF sont fournis à titre informatif et ne sont pas réglementaires.



Les besoins en azote de la culture ont été calculés
pour un objectif de teneur en protéines supérieur à 11,5%.

Figure 9: Première page d'un conseil PPF

CALCUL DE LA DOSE PRÉVISIONNELLE D'AZOTE

Postes du bilan en U/ha

Besoin unitaire en azote (kg/q)	3.0
Objectif de rendement (q/ha)	100.0
1 = Besoins en azote de la culture	300.0
2 = Reliquat d'azote minéral dans le sol après la culture	20.0
Besoins totaux (A)	320.0

3 = Azote déjà absorbé pendant la période automne - hiver	20.0
4 = Reliquat d'azote minéral dans le sol en sortie hiver	20.0
5 = Minéralisation de l'humus	30.0
6 = Arrière-effet prairie	0
Azote fourni par le sol (B)	70.0

7 = effet culture intermédiaire	0
8 = Minéralisation des résidus du précédent	-20.0
9 = Effet direct des amendements organiques	0
Autres fournitures d'azote (C)	-20.0

Total fournitures d'azote (B+C)	50.0
---------------------------------	------

Apport prévisionnel (A-B-C)	270.0
-----------------------------	-------

Ajustement	0
------------	---

Dose finale prévisionnelle	270.0
----------------------------	-------

Apports prévus après l'ouverture du bilan						
Date de l'apport	Nature de l'effluent ou de l'engrais	Dosé (t ou m3/ha)	Teneur en azote total (kg N/t ou m3)	Superficie concernée (ha)	Azote total (kg N/ha)	Azote efficace (kg N/ha)

Attention les PPF sont fournis à titre informatif et ne sont pas réglementaires.

Figure 10: Deuxième page d'un conseil PPF

La dose finale prévisionnelle lui donne un Canvas sur la dose maximale à appliquer sur la parcelle.

III-2) Moyennage et comparaison des pesées de biomasse de terrain et satellite

Ensuite, après avoir fait des conseils de PPF, notre mission était de faire le moyennage de pesées de terrain de Terres Inovia. Chaque année en début de campagne, l'entreprise Terres Inovia fournit des pesées de terrain de biomasse à Wanaka dans des endroits différents en France. L'objectif de ces données consiste à estimer la quantité de biomasse autour de ces points selon une zone tampon définie. Ces pesées de terrain nous une information réelle de la biomasse réelle du terrain. Le moyennage nous permet d'évaluer la sensibilité du modèle d'estimation de biomasse de Wanaka à partir des images satellitaires. Chez Wanaka, le modèle de conversion du LAI (fourni par Geosys) en biomasse est calculé à partir de des données du satellite Sentinel 2 par régression. Cette équation est intégrée dans l'outil d'aide de décision Agrorendement c'est-à-dire dans l'algorithme de la chaîne de traitement.

Parmi les 178 points fournis par Terres Inovia, nous avons choisi de prendre 1 point afin de détailler la procédure pour réaliser le moyennage.

Une fois sur Qgis, on ajoute nos points et on réalise une zone tampon en carré de 4ha. On enregistre nos zones tampon en KML pour pouvoir les importées dans la plateforme Agrorendement pour faire le détournage de la parcelle. On peut aussi sélectionner le contour à partir du registre parcellaire de 2018 intégré qui est intégré dans d'autres cas.

Après cette première partie sur Qgis on ajoute nos KML sur la plateforme Agrorendement et de renseigner les informations nécessaires pour les parcelles à savoir la culture qui est le colza et sa variété, la date de semis, la concentration d'engrais souhaitée pour le dépendage, la culture précédente, le devenir de ce précédent, le type de sol, et la profondeur d'enracinement et le code postal. On passe la commande pour notre partenaire Geosys nous fournit les images.

Après cette étape, on récupère les images à travers le script python(annexe 5). On ajoute les images sur Qgis qui est l'outil open source utilisé par Wanaka pour le traitement des rasters. Après, on fait une moyenne avec l'outil « statistique de zone » de Qgis pour avoir la moyenne du LAI. Cette moyenne sera multiplié par la réglette de Wanaka pour passer du LAI à biomasse qui est égale à 1,43 pour l'entrée Hiver et 1,28 pour la sortie hiver. La valeur issue de ce calcul va permettre d'évaluer la sensibilité du modèle d'estimation de biomasse de Wanaka.

Une fois toutes les images récupérées et les biomasses moyennées, on a sélectionné un nombre de points parmi les points de Terres Inovia selon un certain nombre de critères. Notons

que les points de Terres Inovia sont fournis avec l'identifiant, la fiabilité mesure, enherbement, date de mesure, biomasses moyennes (g/m²) et coordonnées GPS.

Les points sont sélectionnés selon les critères suivants : pour la fiabilité mesure « oui » et « moyen », Enherbement « 0 » et « 0-10 ».

Données sélectionnées par WANAKA		
<u>Données fournies</u> : pour chaque zone de prélèvement :		
<u>Sélection sur critères</u>		
<ul style="list-style-type: none">• ID• Fiabilité mesure : « Oui » et « Moyen »• Enherbement : « 0 » et « 0-10 »• Date de mesures• Biomasses moyennes EH (en g/m²)• Coordonnées GPS		
Stations	Mesures	Mesures select.
Chalons	18	17
Dijon	11	8
Grignon	31	21
Mons	31	28
Montbard	9	9
Nancy	6	6
Rennes	15	13
Subdray	34	32
Surgères	15	13
TOTAL	170	147




Figure 11: Tableau de sélection des critères des données de Terres Inovia

D'après la sélection, on y retrouve avec 147 points.

Pour les données produites par Wanaka c'est-à-dire les données issues des parcelles créées et des images satellites aux dates proches de mesures de Terres Inovia, on a fait encore une sélection sur la qualité du nombre de jours entre la date image et la date de mesure qui doit inférieur à 25.

Données produites par WANAKA

Données produites :

- Acquisition des images satellite aux dates proches des dates de mesures TERRES INOVIA
- Vérifications qualité
 - Des images : retraits si couvertures nuageuses, ombres
 - Des coordonnées des points GPS : positionnement dans une parcelle à l'image
- Calcul d'un paramètre biophysique au niveau des points GPS
- Estimation de biomasse à partir du modèle

Sélection sur qualité

Nombre jours entre date image – date mesure < 25

Stations	Mesures select.	Mesures analy.
Chalons	17	1
Dijon	8	3
Grignon	21	15
Mons	28	17
Montbard	9	2
Nancy	6	4
Rennes	13	13
Subdray	32	25
Surgères	13	9
TOTAL	147	89



Figure 12: Tableau des critères de Wanaka pour les images

Après on passe à la comparaison des biomasses satellite et biomasse de terrain de Terres Inovia.

Les résultats sont présentés sous forme de graphique.

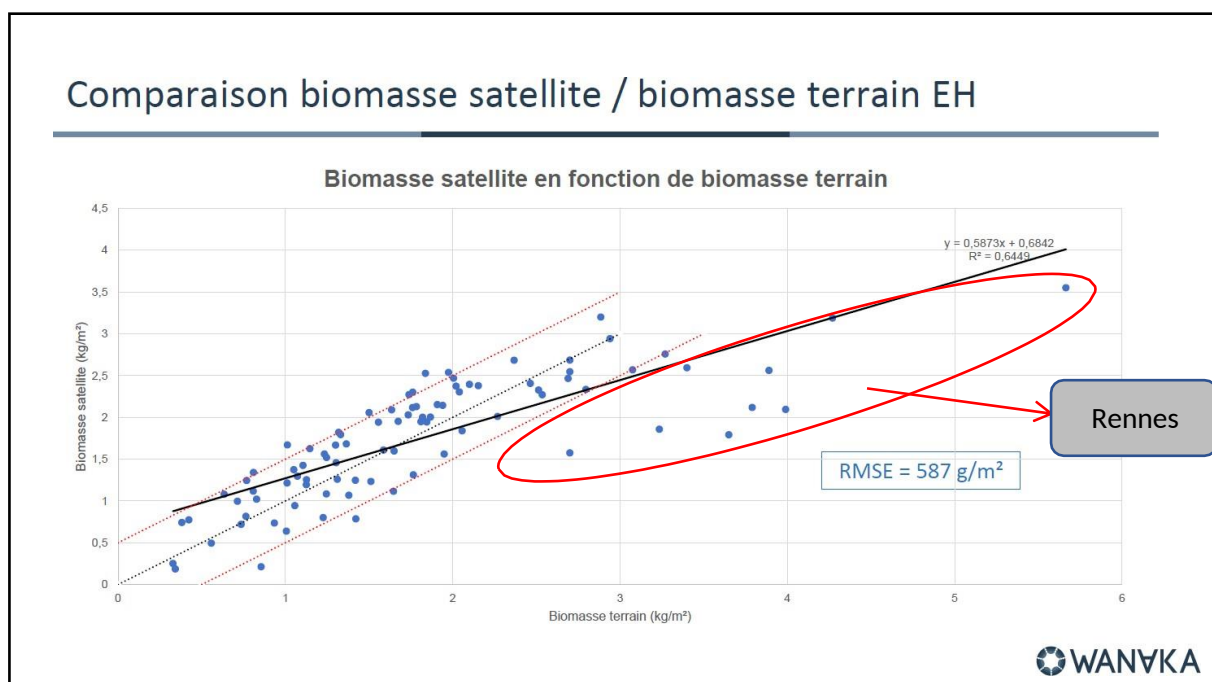


Figure 13: Graphique de comparaison des pesées de terrain et des données satellites

Dans ce graphique, on a la comparaison des biomasses de terrain et des biomasse satellite. Dans l'ensemble les biomasses sont comparables et ne présentes pas des écarts significatifs excepté, la zone Rennes dont les valeurs sont significatives qui peut être liées à

l'élongation. Elle correspond à une forte poussée de la tige qui peut influencer la biomasse du colza. Le satellite mesurant uniquement la biomasse verte, il ne tient pas compte de celle de la tige. Une forte élongation peut donc expliquer les fortes différences entre les biomasses de terrain et celle issues des images satellitaires, dans le cas de Rennes où les colza ont une forte biomasse.

Avec un RMSE (Root Mean Square Error ou Erreur quadratique moyenne en Français est une mesure de l'erreur quadratique moyenne qui est couramment utilisée pour évaluer la précision d'un modèle de régression ou de prévision. Le RMSE est calculé en prenant la racine carrée de la moyenne des carrés des écarts entre les valeurs prédites par le modèle et les valeurs réelles) de 587g/m² pourrait être considéré comme satisfaisant, car il est possible que la variabilité naturelle des facteurs affectant les rendements soit relativement élevée. Cela signifie que les prévisions sont précises à un niveau de détail raisonnable et que le modèle est fiable pour prédire les quantités futures avec une certaine précision.

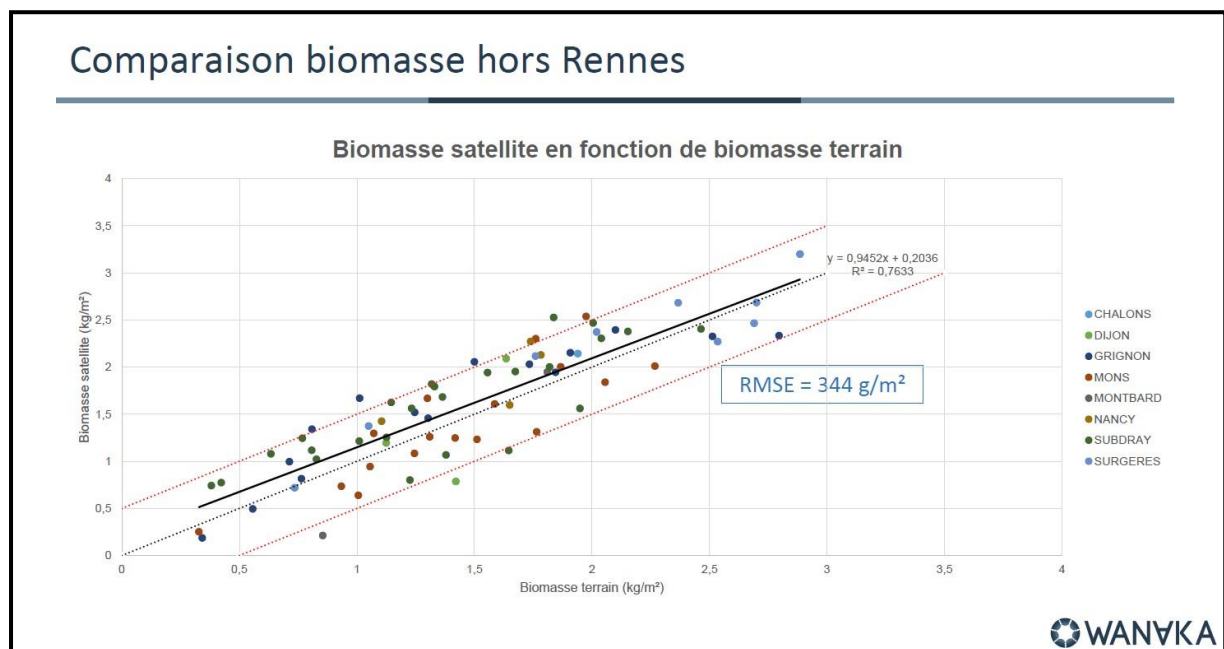


Figure 14: Graphique de comparaison hors la station Rennes

Ce graphique représente la comparaison des biomasse de terrain et celles satellites sans la station Rennes, on voit que le RMSE diminue jusqu'à 344 g/m². On a aussi pour l'équation un R² proche de 1.

III-3) Projection de biomasse et création d'une carte de modulation

Après le moyennage de pesées de terrain de Terres Inovia, la dernière étape consistait à faire des projections de biomasse pour des parcelles n'ayant pas d'image ou pas de bonne image lors de la date de planning (date ou on doit faire la restitution du conseil). C'est un cheminement pour trouver la biomasse d'une parcelle à partir d'un ensemble de parcelles autour d'elle disposant de bonnes images lors du planning de restitution.

Cette opération consiste à sélectionner une dizaine de parcelles autour de la parcelle dont on doit faire le conseil et qui ne dispose pas une bonne image. Avec le script python on récupère les images des parcelles choisies dans deux dates différentes pour voir l'évolution (progressive ou négative) de la biomasse de ces parcelles. Cette moyenne sera utilisée pour la parcelle dans la plateforme et faire le conseil, c'est à dire de produire une carte de modulation.

Pour les conseil en COLZAEH pour que l'image soit bonne ça doit être entre 11 Novembre et le 16 décembre.

Voici une parcelle dont la date du conseil en EH est le 13 Janvier 2023 et la dernière image trouvée remonte du 03 Janvier 2023.

Les informations de cette parcelle sont :

Détails de la parcelle "LE GRAND GRIS" (PARC-60262)

Nom	LE GRAND GRIS
N° Ilot PAC	
Code postal	86330
Ville	
Pays	France
Exploitation	GUILLLOT Didier
Culture	Colza
Destination	Consommation
Précédent	Orge d'hiver
Devenir du précédent	Enlevés ou brulés
Sol	Argilo-calcaire (pH≥ 8 et argile> 25%)
Profondeur du sol	Superficiel - 30 cm
Date de semis	15/08/2022
Campagne	Campagne 2022 - 2023

Surface : 7,48 ha

[Données cartographiques](#) | [Conditions d'utilisation](#) | [Signaler une erreur cartographique](#)

[Modifier](#) [Annuler](#)

Figure 15: Les détails et informations d'une parcelle

La biomasse avant projection était de 1,54 kg/ha à date du 03 Janvier 2023, une fois appliqué la projection à la date du 30 Novembre 2022 (date idéale pour une bon conseil en COLZAEH) on y retrouve une biomasse de 1,05 kg/ha.

La parcelle a gagné de la biomasse entre le 30 Novembre 2022 au 03 Janvier 2023. Donc la biomasse au 30 novembre 2022 était inférieure à celle de du 03 Janvier 2023. Ce qui montre l'importance de faire la projection pour des parcelles dont l'image à disposition pour faire le conseil n'est pas de bonne date.

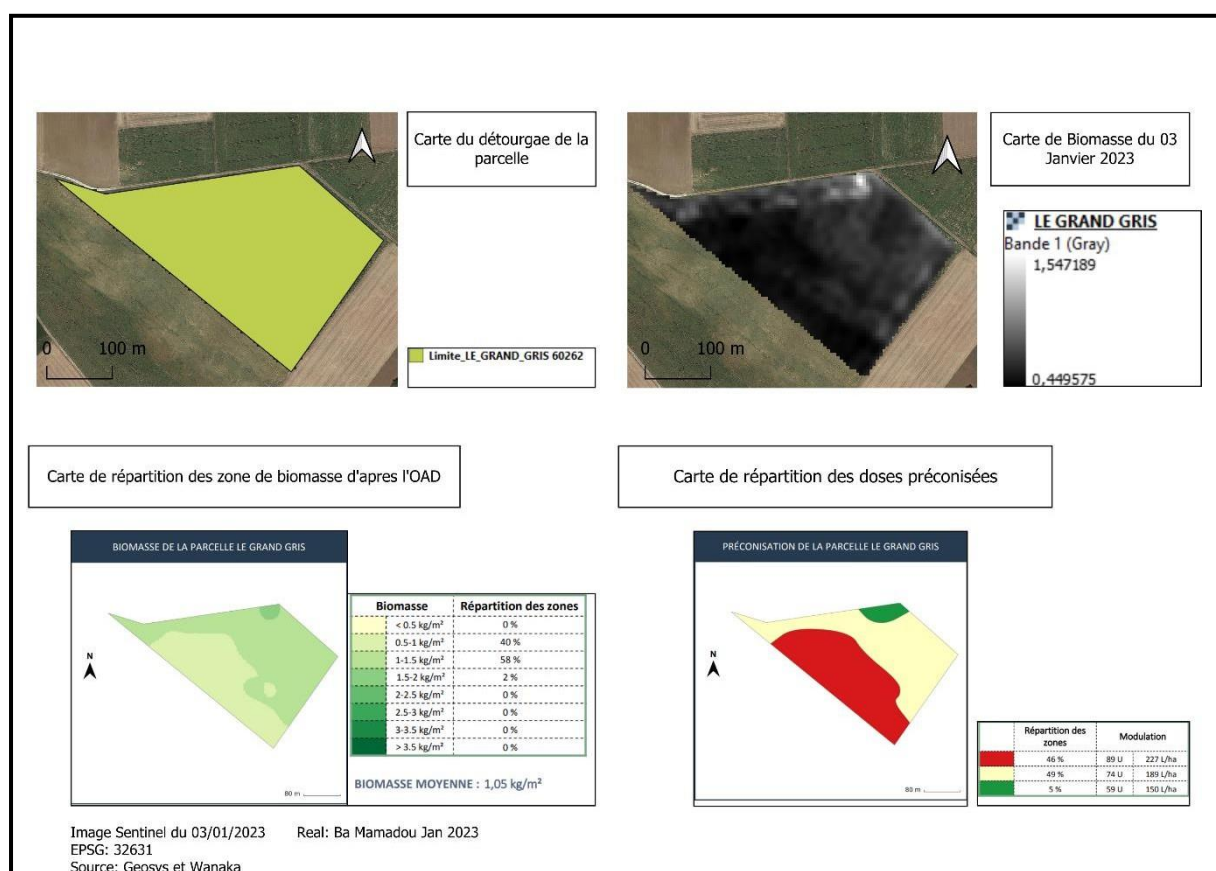


Figure 16: Schéma récapitulatif des différentes cartes de modulation

Pour la carte de répartition des doses préconisées de la parcelle LE GRAND GRIS, les différences de zone sont très significantes. Pour une modulation de 80 unité en moyenne on voit une répartition de 3 zones. Pour les trois couleurs, celle rouge montre le zone où on doit mettre plus d'unité (89 U) si c'est de l'engrais solide et 227L/ha pour l'engrais liquide, la couleur jaune le moyen d'unité(74 U) pour l'engrais solide et 189L/ha pour l'engrais liquide et celle verte les unités les plus faible(59 U) pour l'engrais solide et 150L/ha pour l'engrais liquide.

De manière générale, la projection nous permet de trouver la valeur de biomasse d'une

parcelle qui ne dispose pas une bonne image à partir des bonnes images de ses parcelles avoisinantes selon un rayon défini afin de faire un conseil pour une carte de modulation azotée.

Conclusion

En somme, l'AP est devenue une tendance majeure en France ces dernières années. Les technologies de l'information et de la communication sont utilisées pour collecter, stocker, analyser et interpréter des données afin d'optimiser la gestion des cultures. Cette approche permet une utilisation plus efficace des ressources telles que les engrais, les pesticides et les semences, ce qui peut aider les agriculteurs à augmenter les rendements tout en réduisant les coûts. L'AP offre également des avantages environnementaux en réduisant les impacts négatifs des pratiques agricoles sur la qualité de l'eau et la biodiversité.

L'AP est appelée à jouer un rôle de plus en plus important dans l'agriculture française, en aidant les agriculteurs à produire plus efficacement et durablement.

Les PPF en France sont essentiels pour garantir une agriculture durable et respectueuse de l'environnement. Les agriculteurs doivent continuer à s'adapter aux changements climatiques et aux nouvelles réglementations pour préserver la qualité des sols et des eaux, tout en assurant une production agricole rentable et durable.

Après avoir comparé les pesées de biomasse de terrain de Terres Inovia avec les données de biomasse de satellites de Wanaka, les résultats sont satisfaisants. Bien que les deux méthodes présentent des avantages et des limites, les résultats obtenus par les pesées de biomasse de terrain sont cohérents avec les données satellitaires.

Cela suggère que l'estimation de biomasse par satellite de Wanaka peut être utilisée comme une méthode fiable pour estimer la biomasse des cultures. Cependant, il convient de souligner que les pesées de terrain sont plus coûteuses et plus laborieuses que les méthodes satellitaires, qui peuvent fournir des données sur de vastes étendues de terrain en peu de temps.

En fin de compte, le choix de la méthode dépendra des objectifs de l'étude, des ressources disponibles et de la précision requise pour les résultats. Dans tous les cas, la comparaison des données de biomasse de terrain avec les données satellitaires est un moyen utile pour la validation de nos résultats et d'assurer la fiabilité des données collectées.

NB : Ce travail constitue le point de départ pour notre sujet de Stage qui est d' « élaborer un modèle d'estimation de la biomasse de colza à partir des images Landsat 8/9 à partir des données de Terre Inovia »

Références bibliographiques :

BAILLEAU, X., (2021), Où se concentrent les grandes cultures en France ?, La France Agricole.

CHEN, Y., GE, Y., AN, R. & CHEN, Y., (2018), Super-Resolution Mapping of Impervious Surfaces from Remotely Sensed Imagery with Points-of-Interest, Remote Sensing, vol. 10, n°2, p. 242.

Wang, J., Liu, Y., & Li, X. (2018). Estimation de la biomasse de colza à l'aide d'une régression multiple basée sur des caractéristiques spectrales et texturales extraites d'images Landsat 8. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 140, 1-10.

Wébographie:

<https://www.fao.org/3/cb1447fr/CB1447FR.pdf>

FranceAgriMer (2019). Étude sur l'agriculture française. : <https://www.franceagrimer.fr/etude-sur-lagriculture-francaise> (page consultée le 04/02/23)

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ALIMENTATION, (2018, L'agriculture française primée : « Modèle le plus durable du monde », agriculture.gouv.fr. <https://agriculture.gouv.fr/lagriculture-francaise-primee-modele-le-plus-durable-du-monde> (page consultée le 25/01/23)

<https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/Rapport%20INRAE%20NAP%202019%20web.pdf>

<https://www.terresinovia.fr/colza> (page consultée le 24/01/23)

<http://www.wanaka.io/qui-sommes-nous.html> (page consultée le 04/02/23)

Table des figures :

Figure 1: Schéma de la méthodologie de moyennage des pesées de terrain.....	10
Figure 2: Carte de localisation des pesées de terrain de Terres Inovia en France	11
Figure 3: Tableau de bord de l'OAD de Wanaka.....	12
Figure 4: Fenêtre pour la création d'une parcelle	12
Figure 5: Fenêtre pour importer le contour en KML.....	13
Figure 6: Stades phénologiques du colza. Source : yara.fr.....	13
Figure 7: Méthodologie pour la projection d'une biomasse	15
Figure 8: Interface de l'OAD Agrofert	17
Figure 9: Première page d'un conseil PPF.....	18
Figure 10: Deuxième page d'un conseil PPF.....	19
Figure 11: Tableau de sélection des critères des données de Terres Inovia	21
Figure 12: Tableau des critères de Wanaka pour les images.....	22
Figure 13: Graphique de comparaison des pesées de terrain et des données satellites.....	22
Figure 14: Graphique de comparaison hors la station Rennes	23
Figure 15: Les détails et informations d'une parcelle.....	24
Figure 16: Schéma récapitulatif des différentes cartes de modulation	25

Table des matières :

Table des matières

Élaborer un modèle d'estimation de la biomasse de colza à partir des images Landsat 8/9 à partir des données de Terre Inovia.....	1
Mini Projet Confidentiel	1
Sigles et Abréviations:.....	2
Sommaire	3
I-1) Contexte et objectif :.....	4
I-2) Problématique :	7
II- Méthodologie :.....	8
II-1) Mise à jour des PPF.....	8
II-2) Moyennage des pesées de terrain de Terres Inovia	9
II-3) Projection des biomasses	14
III- Applications et résultats :.....	16
III-1) Réalisation d'un conseil PPF.....	16
III-2) Moyennage et comparaison des pesées de biomasse de terrain et satellite	20
III-3) Projection de biomasse et création d'une carte de modulation	24
Conclusion.....	27
Références bibliographiques :	28
Wébographie:	28
Table des figures :	29
Tables des matières:	30
Annexes:	31

Annexes:

Annexe 1 : Liste des paramètres à mettre à jour dans la plateforme Agrofert

Pf : Quantité d'N absorbée à la fermeture du bilan : qui est égale à l'objectif de rendement q (saisi par le client) multiplié par les besoins azotés de la plante bq. Ce paramètre est automatiquement calculé après mis à jour des bq

bq : Coefficient variétal : ou besoin azoté de la plante. Il est souvent publié séparément et un peu plus tardivement que les autres paramètres du PPF. Sa mise à jour sera décrite dans un autre document.

Rf : Qté d'N minéral dans le sol à la fermeture du bilan : Dépendante des types et des profondeurs de sols. Les mises à jour peuvent concernées les valeurs ou la nomenclature de type de sols s'il y'a eu reclassification.

Rf : Qté d'N minéral dans le sol à la fermeture du bilan : Dépendante des types et des profondeurs de sols. Les mises à jour peuvent concernées les valeurs ou la nomenclature de type de sols s'il y'a eu reclassification.

Pi: Qté d'N absorbée à l'ouverture du bilan : Elle est souvent saisie par l'utilisateur

Ri : Qté d'N minéral dans le sol à l'ouverture du bilan : encore appelé Reliquat Sortie Hiver (RSH). Il est souvent publié séparément et un peu plus tardivement que les autres paramètres du PPF. Sa mise à jour sera décrite dans un autre document.

Mh: Minéralisation nette de l'humus du sol : ce paramètre peut aussi être annoté Mhref lorsqu'on devra l'associer à des facteurs de pondération comme Fsyst et Mhpon. Qté d'N minéral dans le sol à la fermeture du bilan : varie en fonction des types et des profondeurs de sols. Les mises à jour peuvent concernées les valeurs ou la nomenclature de type de sols s'il y'a eu reclassification

Mhref: Minéralisation nette de l'humus - Valeur de référence

Mhpon: Facteur de pondération de la minéralisation : Lié à la fréquence d'apport des produits organiques de type fumier sur la parcelle

Fsyst: Facteur système : qui se base sur l'historique des apports de matière organique = Fréquences, types de produits et modes de gestion (enlevés ou brûlés, enfouis...)

Mhp: Minéralisation nette due à un retournement de prairie : Utilisée lorsqu'une prairie est présente sur la parcelle. Se base sur l'historique des gestion de la prairie = âge, période de destruction et rang de la post culture.

Fexp: Facteur lié au mode d'exploitation de la prairie : donne un facteur de pondération en fonction de : pâture ou fauche

Mr : Minéralisation nette de résidus de récolte : Minéralisation du précédent cultural

MrCi: Minéralisation nette de résidus de culture intermédiaire : lié au développement et à la période de destruction de la culture intermédiaire.

Xa : Equivalent engrais minéral efficace : C'est la dose qui est calculer par l'outil Agrofert

%Npro_1 : Teneur en azote total du produit organique 1

Keq_1: Coefficient d'équivalence engrais minéral du produit organique 1

Q_1: Quantité de produit organique 1 épandu (valeur renseignée par agri)

%Npro_2 : Teneur en azote total du produit organique 2

Keq_2: Coefficient d'équivalence engrais minéral du produit organique 2

Q_2: Quantité de produit organique 2 épandu (valeur renseignée par agri)

Mhcul: Minéralisation avec prise en compte du temps de présence de la culture

Mhp2: Coefficient appliqué sur la minéralisation de base lié à l'effet d'un retournement de prairie

Po : Fournitures en azote du sol : Elles sont regroupées par type de sol, système de culture, précédent cultural et devenir des résidus de récolte

Eff CI: Effet CIPAN (Cultures Intermédiaires Piège à nitrates). Les CIPAN implantés avant une culture de printemps peuvent en fonction de leur composition (présence ou non de légumineuses) augmenter les fournitures en azote du sol lors de leur minéralisation

CAU: Coefficient Apparent d'Utilisation de l'engrais. Il s'agit d'un pourcentage qui diffère selon qu'il s'agisse d'une culture d'hiver ou d'une culture de printemps

Annexe 2: Plateforme Agrofert2019 API pour les conseils de plan prévisionnel de fumure azoté.

The screenshot displays the Agrofert2019 API interface. At the top, it shows the API title 'Agrofert2019 API' with a version indicator '1.0.0'. Below this, there is a base URL field and a Swagger JSON link. The interface is organized into namespaces: 'default' (Default namespace) and 'parcels' (Operations related to parcels). The 'parcels' namespace is selected, showing a GET endpoint for '/parcels/{ids}'. A parameters table is visible with the following details:

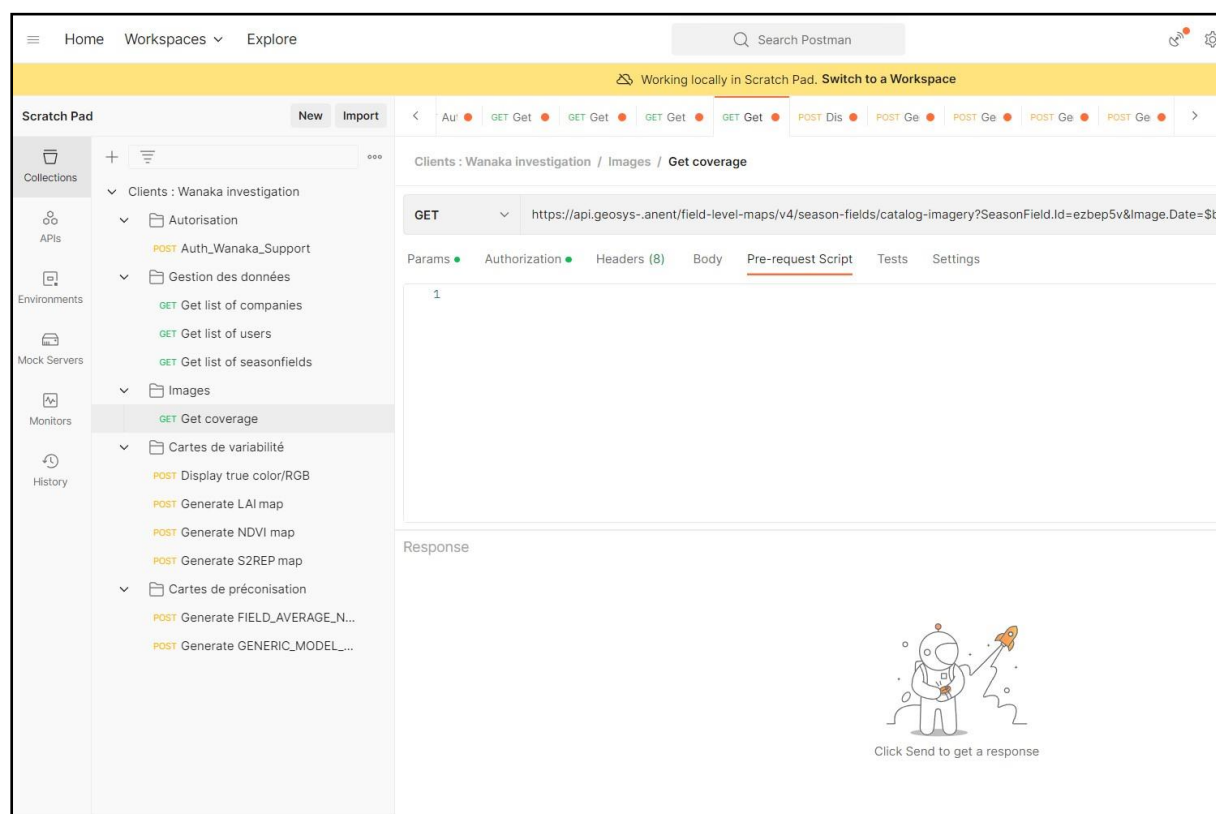
Name	Description
ids * required	List of parcel ids, separated by ',' without space (ex : 7581,7582,7583)
string (path)	57551

Below the table, there is an 'Execute' button and a 'Clear' button. At the bottom, there is a 'Responses' section with a dropdown menu for 'Response content type' set to 'application/json'.

Annexe 3 : La plateforme Agrorendement qui donne accès aux exploitations pour la création de leurs parcelles et le téléchargement de leurs conseils.



Annexe 4 : Interface de l'application Postman pour appeler la base de données Geosys, de consulter les images en fonction du LAI, NDVI , RGB, ou S2REP ainsi que leur dates et l'ensembles des images disponibles pour une parcelle pour la campagne en cours.



Annexe 5 : Script python pour la collecte des images entre les deux dates :

Le script nous permet :

- de se connecter et d'avoir accès au niveau de l'API (swagger) ,

```
#import librairies
import os.path as pa
import sys
import os
from os import listdir
from os.path import isfile, join
from dotenv import load_dotenv
import requests
import requests.exceptions as rex
import datetime as dt
import _strptime
from datetime import date, timedelta, datetime
import pandas as pd
import geopandas as gpd
import numpy as np
import getpass
import json

# read .env file
load_dotenv('pus.env')

API_CLIENT_ID = os.getenv('API_CLIENT_ID')
API_CLIENT_SECRET = os.getenv('API_CLIENT_SECRET')
API_USERNAME = os.getenv('API_USERNAME')
API_PASSWORD = os.getenv('API_PASSWORD')

# Log in
username = API_USERNAME
password = API_PASSWORD
url_authentication_PUS='https://identity.geosys-na.com/v2.1/connect/token'
response=requests.post(url_authentication_PUS, data={'grant_type':'password','scope':'openid',
'username':username,'password':password},
headers={'Authorization':'Basic c3dhZ2dldlcjpzd2FnZ2VyLnN1Y3JldA==',
'Accept':'application/json, text/plain, */*',
'Content-Type':'application/x-www-form-urlencoded'})
result=response.json()
print(result)
access_token=result['access_token']
```

- de lire le fichier excel qui contient l'identifiant des parcelles et des deux dates,

```
# read csv to have sfd_externalid

# Load the data.
input_file_csv = pd.read_csv('seasonfields.csv',sep=';')

# Print the data table.
input_file_csv.head(10000)
```

- de voir les images disponibles sur la base de données Geosys c'est-à-dire si ces parcelles disposent une couverture d'image,

```
# Get last LAI coverage (no recalibrated) for APIs fields

response=[]
Image_date=[]
Image_date_null=[]
delta=20
#&image.sensor=$in:LANDSAT_8|LANDSAT_9
#&image.sensor=SENTINEL_2

for j in range(len(input_file_csv)):
    #print(str(dt.datetime.strptime(input_file_csv["DateEH"][j], '%Y-%m-%d').date()-timedelta(delta)))
    #print(str(dt.datetime.strptime(input_file_csv["DateEH"][j], '%Y-%m-%d').date()+timedelta(delta)))
    get_coverage_url = 'http://api.geosys-na.net/field-level-maps/v4/season-fields/'\
        +str(input_file_csv["sfd_externalid"][j])+'@wanaka/catalog-imagery?Maps.Type=INSEASON_LAI'\
        + '&Image.Date=$between:' +str(dt.datetime.strptime(input_file_csv["DateEH"][j], '%Y-%m-%d').date()-timedelta(delta))\
        +'|'+str(dt.datetime.strptime(input_file_csv["DateEH"][j], '%Y-%m-%d').date()+timedelta(delta))\
        + '&image.sensor=LANDSAT_9&coverageType=CLEAR&Image.isrecalibrated=false'\
        + '&$fields=image.id,seasonField.id,coverageType,image.sensor,image.date,Image.isrecalibrated&$limit=1'
    headers={'Authorization': 'Bearer '+access_token,
            'Accept': 'application/json','Content-Type': 'application/json'}
    #print(get_coverage_url)
    response = requests.request("GET", get_coverage_url, headers=headers)
    #print(response.json)
    if response.status_code == 401:
        print('no access token, please recall the authentication API')

    res_coverage=response.json()
    #print(input_file_csv["sfd_externalid"][j])
    #print(len(res_coverage))
    print(res_coverage)
```

```
if (res_coverage != []):
    data_res={}
    data_res["season_field_id"]=input_file_csv["sfd_externalid"][j]
    data_res["image_date"]=(variable) res_coverage: Any te']
    data_res["image_id"]=res_coverage[0]['image']['id']
    data_res["sensor_type"]=res_coverage[0]['image']['sensor']
    data_res["ti_id"]=input_file_csv["ti_id"][j]
    print('image !')
    Image_date.append(data_res)

else:
    #case if the API call retrieve any images that coverage the field
    data_res={}
    data_res["season_field_id"]=''
    data_res["image_date"]='no image'
    data_res["image_id"]=''
    data_res["sensor_type"]=''
    data_res["ti_id"]=input_file_csv["ti_id"][j]
    print('no image')
    Image_date.append(data_res)

#print(Image_date)
```

- de créer une table de couverture pour les champs d'API et

```
# Create a coverage table for APIs fields
path='D:/Stage_Mamadou/Python Geosys'

output_file = pd.DataFrame(columns=[
    'Season_field_id',
    'image_date',
    'image_id',
    'Sensor_type',
    'TI_id'
])

output_file=[]

for k in range(len(Image_date)):
    output_file.append({'Season_field_id':Image_date[k]['season_field_id'],
        'Image_date':Image_date[k]['image_date'],
        'Image_id':Image_date[k]['image_id'],
        'Sensor_type':Image_date[k]['sensor_type'],
        'TI_id':Image_date[k]['ti_id']
    })

output_file=pd.DataFrame(output_file)

print(output_file.head(len(Image_date)))
# Enregistrement des données en csv
output_file.to_csv(pa.join(path,'Coverage_LAI.csv'),
    sep=',',
    index=False)
```

- de télécharger les images en format Tiff

```

# Get LAI value & image + S2REP or CVI values and images depending of the sensor
response=[]
res_BRF=[]
get_BRF_url=[]
LAI_values=[]

for i in range(len(Image_date)):
    print(Image_date[i])
    if output_file["Image_date"][i] == 'no image':
        LAI_res={}
        LAI_res["season_field_id"]=''
        LAI_res["image_date"]=''
        LAI_res["sensor_type"]=''
        LAI_res["ti_id"]=Image_date[i]['ti_id']
        LAI_res["lai_mean"]=''
        LAI_values.append(LAI_res)
    else:
        get_BRF_url = "http://api.geosys-na.net/field-level-maps/v4/season-fields/" + output_file["Season_field_id"][i] + \
            "/coverage/" + output_file["Image_id"][i] + "/base-reference-map/" + maps_type1
        #print(output_file["Season_field_id"][i])
        #print(get_BRF_url)
        headers={'Authorization': 'Bearer ' + access_token,
            'Accept': 'application/json', 'Content-Type': 'application/json'}

        response = requests.request("GET", get_BRF_url, headers=headers)
        res_BRF=response.json()
        #print(res_BRF["legend"]["stat"]["mean"])
        LAI_res={}
        LAI_res["season_field_id"]=res_BRF["seasonField"]["id"]
        LAI_res["image_date"]=Image_date[i]['image_date']
        LAI_res["sensor_type"]=Image_date[i]['sensor_type']
        LAI_res["ti_id"]=Image_date[i]['ti_id']
        LAI_res["lai_mean"]=res_BRF["legend"]["stat"]["mean"]
        LAI_values.append(LAI_res)

        tiff_url=res_BRF['_links']['image:image/tiff+zip']
        #print(tiff_url)
        response_tiff = requests.request("GET", tiff_url, headers=headers)
        #print(response_tiff)
        tiff_path=path+'TIFF'+ '/' + maps_type1 + '_' + str(Image_date[i]['ti_id']) + '_' + res_BRF["seasonField"]["id"] + '_tiff+'.zip
        print(tiff_path)
        with open(tiff_path, 'wb') as f:
            f.write(response_tiff.content)

```

