

Rapport de Analyses et Traitements

Felipe AGUIAR MARTIN

Table de Matières

1. Introduction.....	2
2. Traitements Culture.....	2
Vigueur végétale.....	2
Mauvaises herbes.....	3
Modulation des Intrants (Nutriments/Phytosanitaires).....	3
Stress de végétation	4
Biomasse.....	6
Hauteur de culture	6
Dénombrements.....	7
3. Traitements Terrain.....	10
Exposition	10
Pente.....	11
Courbe de niveau	11
Direction d'Ecoulement.....	12
Classification du sol	12
4. Comparaisons Temporelles	13
5. Conclusion	14

1. Introduction

Afin d'analyser la végétation agricole et le terrain des zones de cultures agricoles, un drone équipé d'un capteur multispectral est utilisé, ainsi que des données précédemment disponibles sur Internet. En utilisant les indices de végétation, générés par des calculs entre bandes multispectrales, ils sont utilisés pour rechercher des informations pertinentes sur les cultures agricoles pour les études sur la santé de la végétation et la qualité du sol.

En plus des analyses visuelles, qui peuvent être considérées comme des analyses empiriques présomptueuses, d'autres études statistiques quantitatives et qualitatives sont également appliquées à des résultats plus solides, ainsi que des analyses chronologiques.

Bien qu'il soit possible de faire des prévisions, par exemple sur la production, que des commentaires sur cette technique sont faits en raison de la complexité et du manque de données pour une telle analyse.

2. Traitements Culture

De nombreux problèmes peuvent survenir dans l'agriculture au niveau de la culture. Que ce soit à partir d'études approfondies ou à l'échelle de l'ensemble du champ de culture, l'objectif est d'évaluer la gravité du problème. Ces analyses sur le terrain peuvent être effectuées et devenir la base pour travailler sur des solutions futures.

En plus des données multispectral capturé par drone, d'autres sources de données peuvent être utilisées pour donner plus de robustesse aux études (données climatiques, analyses biochimiques du sol et de la végétation, calendrier des cultures et autres).

Vigueur végétale

L'analyse de la vigueur de la végétation est une méthode couramment utilisée dans l'agriculture pour évaluer la santé et le développement des cultures. Comme le plus adopté pour les études de la végétation, l'Indice de végétation par différence normalisée (NDVI), qui utilise la bande rouge et infrarouge proche, est utilisé pour quantifier la couverture végétale et détecter les variations de croissance sur les parcelles cultivées. Cette analyse fournit des informations essentielles pour optimiser la gestion des cultures, l'irrigation, la fertilisation et pour prendre des décisions éclairées sur le rendement et la santé des cultures.

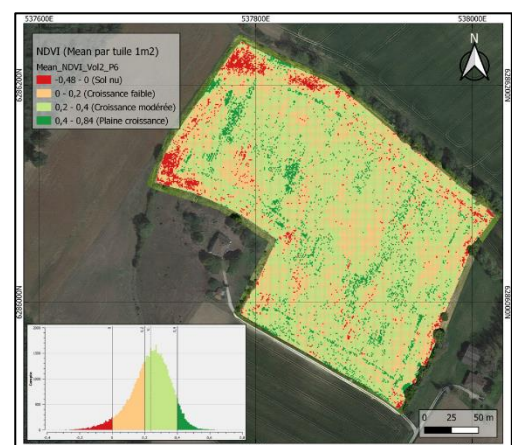


Figure 1 - Carte de Tuile NDVI Moyen

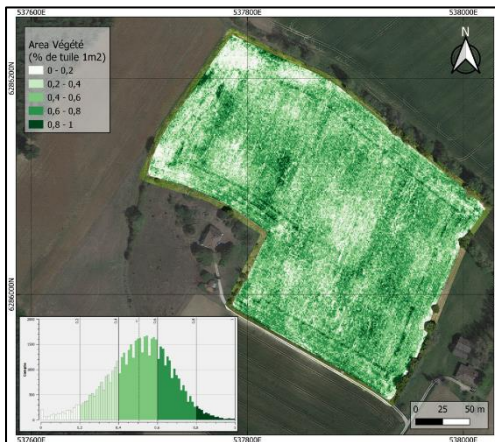


Figure 2 - Carte de Tuile d'Area Végété Moyenne

Un autre mode de représentation de la vigueur de la végétation est le calcul de l'aire végétative, qui consiste à mesurer la surface couverte par la végétation à partir de la création d'un masque de végétation et se distingue du sol nu.

En calculant la superficie végétale, il est possible de quantifier la couverture végétale, de suivre la croissance des cultures et de détecter les zones à problèmes de stress. Ces informations sont essentielles pour optimiser la gestion des cultures, améliorer les rendements et promouvoir une agriculture durable.

Mauvaises herbes

L'analyse des mauvaises herbes dans les cultures vise à évaluer leur présence, leur densité et leur impact sur la culture agricole. Permettre la mise en œuvre de stratégies de gestion adaptées pour minimiser leurs effets négatifs sur les revenus agricoles. En utilisant les données de l'indice de la végétation par différence normalisée (NDVI) et de la hauteur de la végétation dans les études, il est possible de différencier les mauvaises herbes des cultures et d'analyser leur distribution spatiale.

Cette approche est essentielle pour améliorer la gestion durable des cultures, réduire la dépendance à l'égard des herbicides chimiques et promouvoir des pratiques écologiquement viables. En comprenant les interactions entre les mauvaises herbes et les cultures, les agriculteurs peuvent prendre des décisions éclairées sur l'optimisation de l'utilisation des ressources et la mise en œuvre de techniques de contrôle plus efficaces. Cela se traduit par une agriculture plus durable, avec moins d'impact environnemental et plus d'avantages économiques à long terme.

Une autre option consiste à la segmentation des mauvaises herbes et en les triant. En outre, il est possible d'utiliser des capteurs hyperspectraux qui isolent la cible en fonction de son comportement spectral, en différenciant la végétation agricole des mauvaises herbes. Ces approches permettent une analyse plus précise et plus efficace des mauvaises herbes, aidant à identifier et à contrôler plus directement ces plantes envahissantes.

Modulation des Intrants (Nutriments/Phytoprotecteurs)

L'analyse de la modulation des intrants repose principalement sur l'évaluation de la santé des cultures. La détection des carences nutritionnelles ou des problèmes de parasites est effectuée en surveillant régulièrement les cultures et en identifiant les principaux points de stress. En fonction des besoins réels de ces zones stressées, il est appliqué et en ajustant de manière précise et ciblée les apports de nutriments et de produits phytosanitaires nécessaires.

En effet, à partir d'un capteur multispectral, il n'est pas possible d'effectuer une analyse chimique du sol et d'obtenir des données précises sur la composition et le degré d'éléments qu'il contient, cela ne serait possible qu'avec un capteur hyperspectral et des calculs à des longueurs d'onde spécifiques des nutriments du sol et des minéraux.

Stress de végétation

En raison du stress généré par les plantes pour différentes raisons, leur métabolisme change et des changements physiologiques apparaissent dans leurs organes végétatifs. Ces altérations peuvent être perçues par les données capturées par le drone.

Principales causes des stress

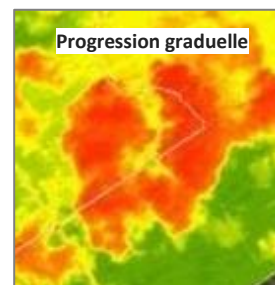
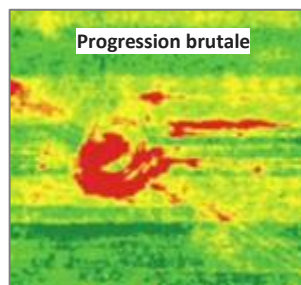
- Manque d'eau (sécheresse) ;
- Carence en nutriments ;
- Concentration élevée en composés chimiques dangereux (toxicité) ;
- Acidité ou salinité extrêmes du sol ;
- Infections fongiques, bactériennes ou virales ;
- Attaques d'insectes ou d'autres organismes, sur les parties aériennes ou sur les racines de la plante ;
- Températures extrêmes (chaleur ou gel) ;
- Asphyxie des racines ou manque de place pour le développement correct des racines (p.ex. sols argileux saturés en eau ou sols compactés) ;
- Manque de lumière ;
- Dégât structurels causés par les conditions météo (vent, neige, glace) ;
- Compétition avec d'autres plantes pour l'accès à la lumière, aux nutriments, à l'eau ou à l'espace de croissance.

Identification par les ortho images :

La progression du changement des indices de végétation peut indiquer, parmi les principaux types de dommages, une sorte de stress sur les plantes et qui se manifeste progressivement ou soudainement :

- **Échantillon progressif et à dispersion graduelle** : maladies ;
- **Échantillon brutal, ponctuel et restreint** : manque de l'eau ou mal distribution de fertilisant.

Cependant, il n'est pas possible d'être absolument certain de la cause du stress en utilisant le capteur multispectral, car il s'agit d'un capteur qui délimite la région des dommages, mais qui n'a pas la capacité de déterminer toutes les causes. Il est nécessaire de se rendre sur le terrain pour de meilleures études.



Identification sur le terrain :

Dès l'apparition (couleurs et/ou forme) des structures des plantes (feuille et/ou tige), il est possible d'approcher la réponse à la cause du stress.

* Voici quelques causes d'une manière généraliste. Le plus correct serait de procéder à des analyses biochimiques du sol et de la végétation endommagée, ainsi qu'à la consultation d'un spécialiste.

* Il peut également avoir d'autres micronutriments d'intérêt pour l'agriculture qui causent des problèmes dans les cultures telles que : bore, chlore, cuivre, fer, manganèse, molybdène, soufre, zinc et autres.

- **Sodium** : Fleurs et feuilles nécrosées, avec apparition de pourriture et de taches. Faible production végétale et petits calibres.
- **Potassium** : Sécheresse anormale des bordures de feuilles et flétrissement des jeunes pousses.
- **Azote** : Les jeunes feuilles restent petites et deviennent pâles et jaunes, avec une teinte jaune ou rougeâtre proche des nervures, en plus de la chute précoce des feuilles. Également identifié dans les cas de faible concentration d'azote dans le sol, les jaunissements de la feuille autour des vaisseaux et finalement au reste de la feuille et que procède à la couleur brune de feuille morte (plutôt à des feuilles les plus âgées et qui poussent le plus près du sol).
- **Magnésium** : Les feuilles avec l'apparence blanche aux périmètre extérieur de la feuille (chlorose par perte de chlorophylle autour des vaisseaux).
- **Phosphore** : Le feuillage peut virer au rouge et la plante devient dure et cassante, sa production est réduite de petit calibre
- **Sècheresse** : Feuilles de vert grisonnant, pouvant s'enrouler et d'apparence faible.
- **Infections fongiques, bactériennes ou virales** : Des feuilles avec des taches jeunes ou déjà brune (conséquence de la destruction de la chlorophylle) et aussi comme mort programmé par la plante au tour de l'infection.

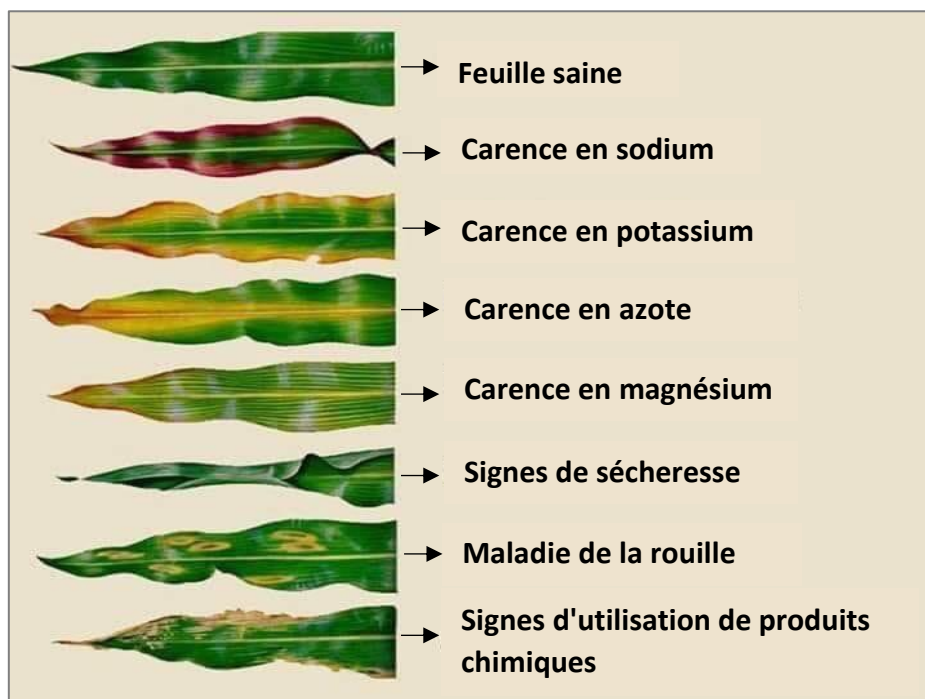


Figure 3 - Guide to identify nutrient deficiency in the field crops (Srinivasrao Ch. et al., 2011)

Biomasse

Les calculs de la biomasse et de la production prennent en compte plusieurs facteurs et nécessitent des données préalablement collectées à partir de plantations précédentes, telles que la productivité des récoltes et les données d'indices de végétation des parcelles d'intérêt. À partir des calculs de la relation entre les variables à des dates précédentes, des prévisions futures sont possibles en suivant ce modèle numérique.

L'évaluation de la santé des cultures au fil du temps peut estimer leur croissance et aider à fournir la source de données de prévision de la biomasse future. L'ajout de variables suppresseurs peut également aider à donner une plus grande fiabilité dans les résultats, tels que les données climatiques.

Hauteur de culture

Un bon moyen d'évaluer l'homogénéité de la croissance et le développement des cultures. Consiste à l'utiliser des données sur la hauteur de la végétation (MNH), calculé à partir de la différence des données terrain de MNS et MNT. En mesurant la hauteur des plantes de manière régulière, c'est possible d'ajuster les pratiques agricoles, telles que l'irrigation et la fertilisation, pour optimiser les rendements et la qualité des cultures.



Dégâts naturels et animaux aux cultures

Contrairement aux dommages causés par le stress de la végétation, les dommages d'origine naturelle et animale sur les cultures sont soudains, frappants et faciles à percevoir la délimitation dans la plantation.



Sachant qu'un certain type d'événement peut avoir causé des dommages à la végétation, qu'il soit météorologique (inondation, gel, grêle, incendie et autres) ou causé par des animaux (dégâts de gibiers, par exemple), il est possible d'estimer les zones touchées et d'évaluer l'étendue des dommages. Cette analyse permet de mettre en place des mesures de gestion spécifiques pour le contrôle et la récupération de la zone endommagée.



L'indemnisation des dégâts de gibier concerne les dégâts causés par le grand gibier sur les cultures et les récoltes agricoles. On entend par grand gibier les animaux appartenant aux espèces suivantes : sanglier, chevreuil, cerf élaphe, cerf sika, daim, chamois, mouflon et isard.

Le lien source pour plus d'informations : <https://www.cher.gouv.fr/Actualites/Indemnisations-de-degats-de-gibier>

*Pas d'ortho-images exemplaires de ce problème.

Dénombrements

Pour le dénombrement des plantes dans une culture, la technique de formation des îles altimétriques est appliquée par différence de MNS et de MNT et par analyse du type "Water Shed", par des filtres gaussiens.

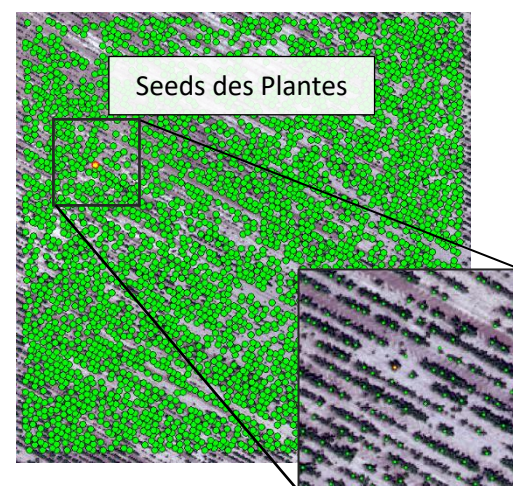
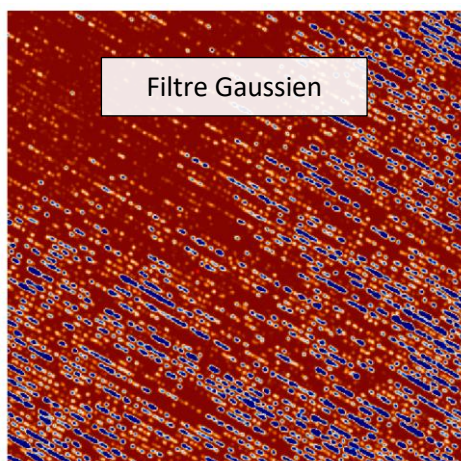
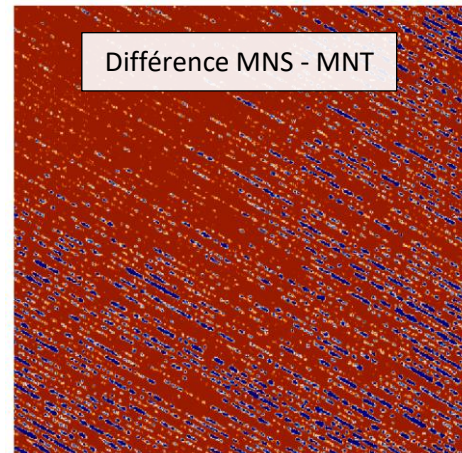
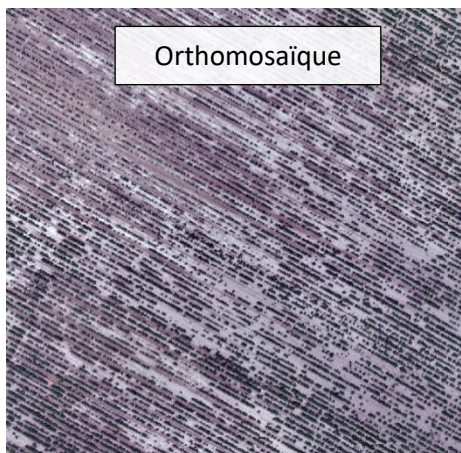
Ce type de procédure est très utile pour l'identification de l'unité de végétation de taille moyenne et de grande taille et avec un espacement suffisant entre les pieds. Pour les cultures de petite taille et de grande densité, l'intervalle de temps possible d'utilisation de la technique est faible et se produit dans les stades post-primaires de croissance, car il est difficile d'identifier les individus en grappes de végétation.

L'absence de mauvaises herbes à proximité des plantes de petite taille est également importante, car elle peut se révéler très difficile à distinguer et se retrouver dans le comptage.

Une autre option pour le comptage des plantes serait la segmentation optique de traces exemplaires de la végétation analysée. Ou encore, dans les classeurs automatiques d'intelligence artificielle et d'apprentissage automatique liés à l'identification visuelle de référence végétale d'intérêt.

Exemple 1

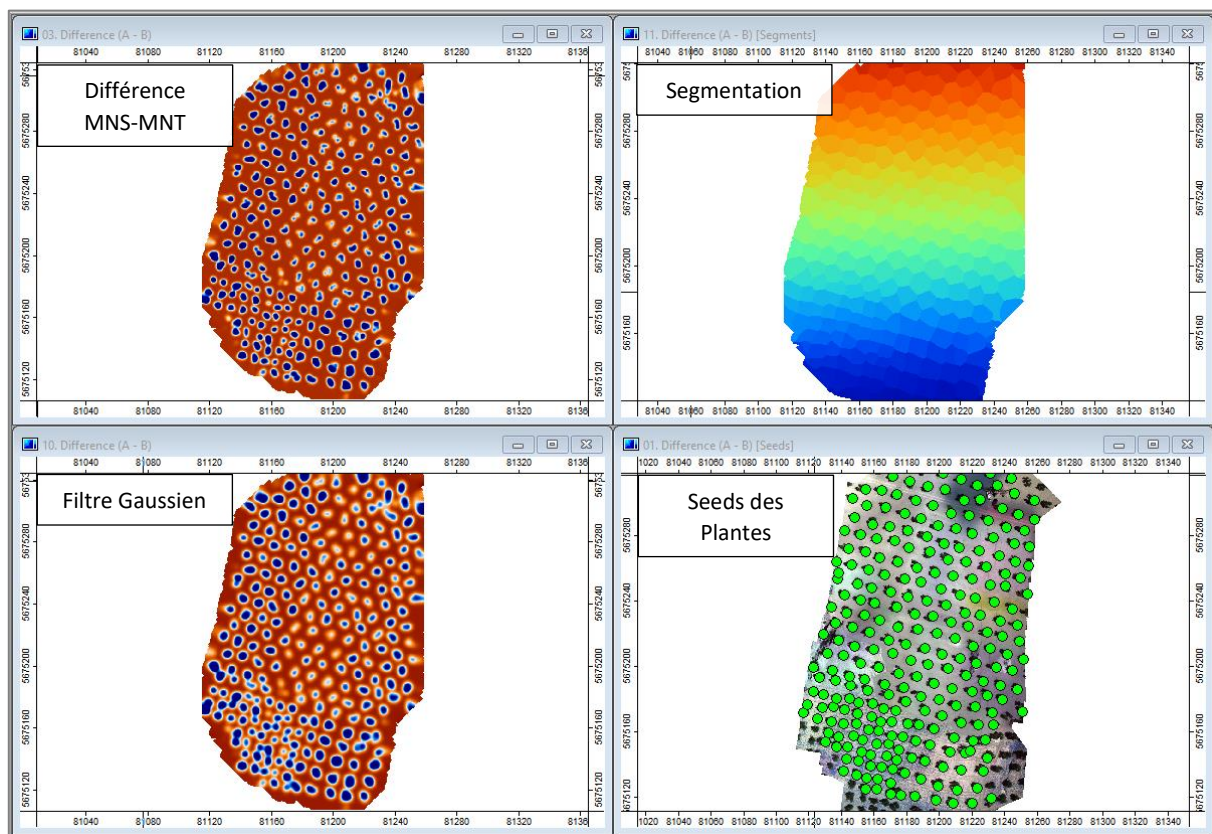
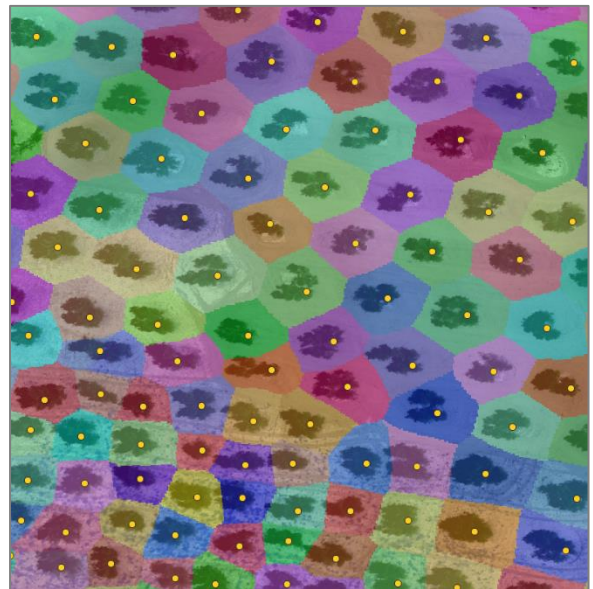
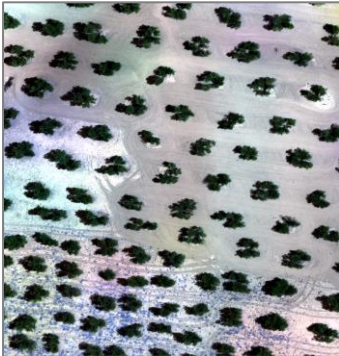
- Culture de tournesol en phase de croissance intermédiaire ;



Dénombrement des plantes effectué avec une faible qualité de précision de comptage, en raison de la difficulté d'identifier les plantes individuellement. Une mauvaise formation du modèle de terrain, une végétation dense et de petite taille en phase de croissance moyenne rend difficile la perception individuelle de chaque pied.

Exemple 2

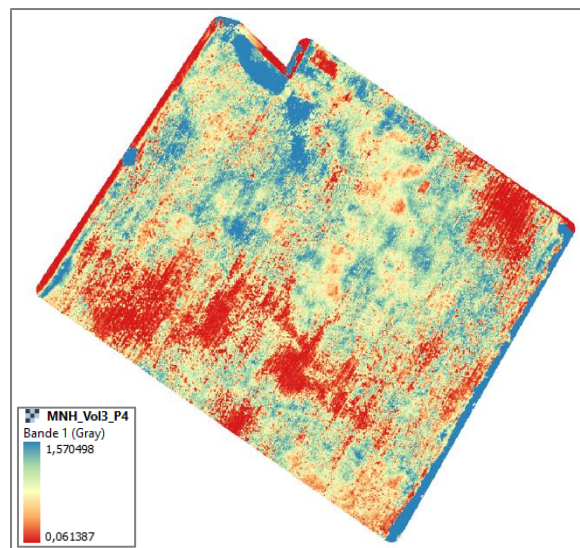
- Culture de l'olivier en phase de croissance avancé ;



Comptage des plantes réalisé avec une haute qualité de précision, en raison de la grande différence de hauteur par rapport au sol, ainsi que d'un grand espacement entre les individus et de l'uniformité de la canopée.

Exemple 3

- Culture de tournesol bio en phase de croissance avancé ;



Dénombrement des plantes réalisé avec une très faible précision de comptage et avec une grande difficulté. Végétation très dense, avec des individus avec diverses différences de hauteur et de phases de croissance et une grande présence de mauvaises herbes, ainsi qu'une mauvaise formation de modèle de terrain initialement.

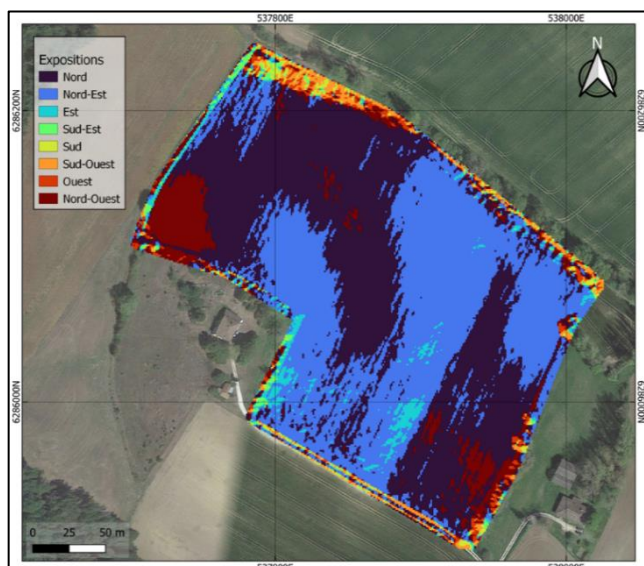
3. Traitements Terrain

Les analyses de terrain ont comme base principale de données altimétriques du modèle numérique du terrain (MNT). Ils peuvent être utilisés pour compléter les explications sur les réponses possibles des études d'analyse des cultures, ainsi que pour donner un aperçu de la région où la plantation agricole est installée.

Exposition

L'analyse d'exposition est un type d'étude visant à montrer la direction vers laquelle le sol est géographiquement dirigé. Ce type d'étude est également très dépendant des facteurs de géolocalisation de la cible, car il dépend de la période de l'année et de la position de la zone d'étude sur la planète. Pour la France, par exemple, située dans l'hémisphère nord et au-dessus de la ligne du Cancer, l'exposition au sud est la plus favorisée à la réception de la lumière du soleil directe.

Utilisant des données de MNT et le traitement d'exposition suivi d'une classification des groupes d'angles entre 360 degrés, une analyse d'exposition est effectuée.



Classification de l'orientation :

$(\text{"Aspect@1"} \geq 0 \text{ AND } \text{"Aspect@1"} < 22.5) * 1 +$
 $(\text{"Aspect@1"} \geq 22.5 \text{ AND } \text{"Aspect@1"} < 67.5) * 2 +$
 $(\text{"Aspect@1"} \geq 67.5 \text{ AND } \text{"Aspect@1"} < 112.5) * 3 +$
 $(\text{"Aspect@1"} \geq 112.5 \text{ AND } \text{"Aspect@1"} < 157.5) * 4 +$
 $(\text{"Aspect@1"} \geq 157.5 \text{ AND } \text{"Aspect@1"} < 202.5) * 5 +$
 $(\text{"Aspect@1"} \geq 202.5 \text{ AND } \text{"Aspect@1"} < 247.5) * 6 +$
 $(\text{"Aspect@1"} \geq 247.5 \text{ AND } \text{"Aspect@1"} < 292.5) * 7 +$
 $(\text{"Aspect@1"} \geq 292.5 \text{ AND } \text{"Aspect@1"} < 337.5) * 8 +$
 $(\text{"Aspect@1"} \geq 337.5 \text{ AND } \text{"Aspect@1"} \leq 360) * 1$

Tableau 1: Orientations et degrés d'orientation

Orientations	Degrés (°)
Nord	0 -- 22,5
Nord-Est	22,5 -- 67,5
Est	67,5 -- 112,5
Sud-Est	112,5 -- 157,5
Sud	157,5 -- 202,5
Sud-Ouest	202,5 -- 247,5
Ouest	247,5 -- 292,5
Nord-Ouest	292,5 -- 337,5
Nord	337,5 -- 360

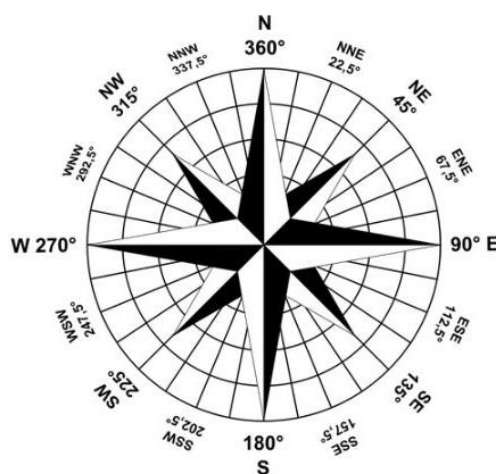
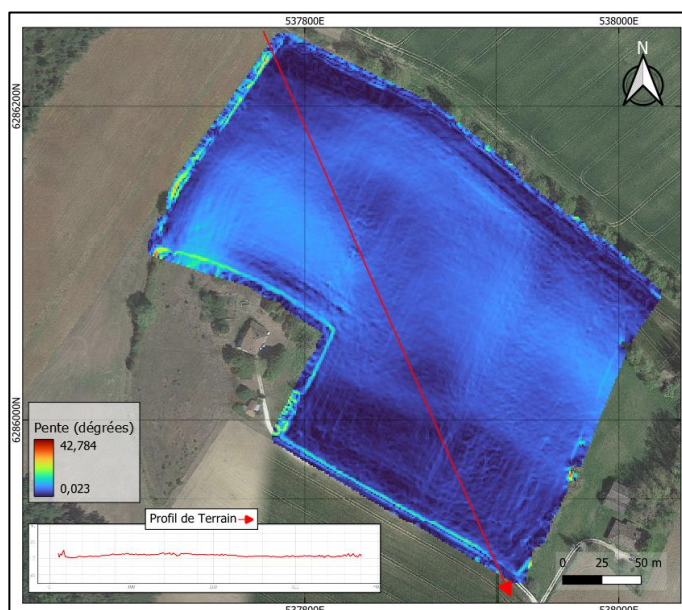


Figure 4: Rose des vents

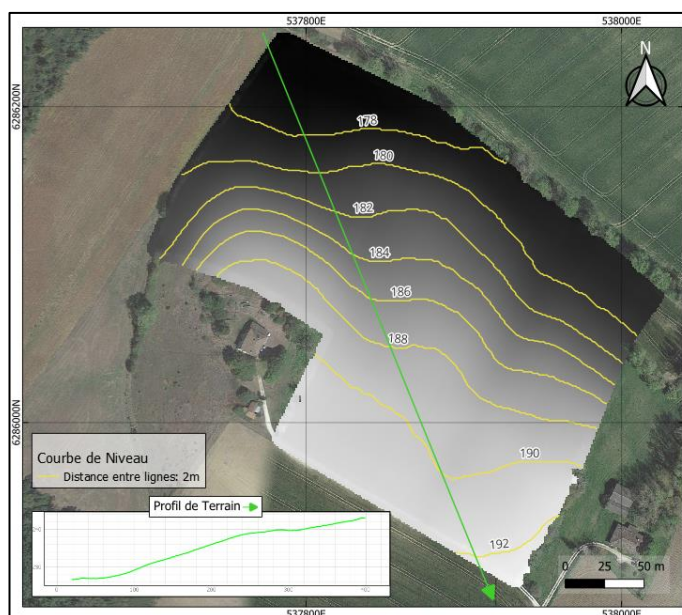
Pente

L'analyse de pente est une méthode utilisée pour évaluer le relief d'un terrain. Elle permet de déterminer l'inclinaison du terrain. Dans l'agriculture, cette information est cruciale pour la gestion de l'eau et l'aménagement du territoire, notamment en ce qui concerne l'irrigation et le drainage. En connaissant l'inclinaison d'un terrain, les agriculteurs peuvent optimiser l'utilisation des ressources en adaptant les pratiques agricoles en fonction de la topographie.



Courbe de niveau

La courbe de niveau est un outil essentiel pour l'analyse topographique. Représente les variations d'altitude sur une carte, reliant les points de la même altitude et formant une ligne d'égalité altimétrique. Dans l'agriculture, les courbes de niveau sont utilisées pour évaluer l'altitude des parcelles de terrain, ainsi que pour identifier les zones de dépressions et les caractéristiques du paysage. Cela permet aux agriculteurs de mieux comprendre la distribution de l'eau de surface, de planifier l'irrigation et de concevoir des systèmes de drainage appropriés.



Direction d'Écoulement

La direction d'écoulement fait référence à la trajectoire que prend l'eau lorsqu'elle se déplace sur un terrain. Il est généralement calculé à l'aide de modèles numériques de terrain. Dans l'agriculture, la connaissance de la direction d'écoulement est cruciale pour la gestion de l'eau, en particulier pour la conception de systèmes d'irrigation et de drainage. Permet de planifier les itinéraires d'irrigation, d'identifier les zones à risque d'accumulation d'eau et d'éviter les problèmes d'écoulement.



Classification du sol

La classification des sols est une méthode utilisée pour catégoriser différents types de sols en fonction de leurs caractéristiques de composition. En agriculture, la classification des sols permet aux agriculteurs de mieux comprendre la structure de composition des sols de leurs terrains. Cela leur permet d'obtenir les principales informations végétales ainsi que le pourcentage de couverture de la culture par rapport au sol nu. D'autre part, il peut aider à planifier la fertilisation et à adopter des pratiques agricoles adaptées à chaque type de sol. La classification des sols est également utile pour l'aménagement du territoire et la gestion des ressources naturelles.



4. Comparaisons Temporelles

Afin de mieux visualiser les données sur les différentes dates, il est intéressant de faire une comparaison temporaire, car souvent les zones vues et classées comme zones potentiellement endommagées peuvent avoir seulement un retard dans la croissance des plantes au moment des vols, mais qui pourraient se remettre.

Cela permet également de mettre en évidence les problèmes tels que les maladies, les ravageurs, les stress hydriques ou les carences nutritionnelles, ainsi que de donner un aperçu de la croissance au fil du temps.

Est utilisé pour comparer les changements dans la santé et la croissance des cultures et détecter les tendances et les variations. Cette analyse permet d'adapter les stratégies de gestion et de prendre des mesures préventives pour préserver la productivité agricole de manière proactive.



5. Conclusion

Le suivi continu des études en agriculture avec capteur multispectral est extrêmement important. La collecte de données périodiques sur la santé des cultures peut indiquer ce qui se passe au niveau du sol et en déduire des prévisions futures. Cette surveillance constante permet aux agriculteurs de prendre des décisions éclairées pour optimiser la gestion agricole, ainsi que d'appliquer précisément les intrants agricoles là où ils sont vraiment nécessaires, ce qui permet d'économiser les ressources et de réduire les impacts environnementaux.

En outre, le suivi des études avec des capteurs multispectraux contribue à la génération d'informations historiques et de tendances à long terme. Avec une base de données cohérente, il est possible d'effectuer des comparaisons temporelles et d'identifier des modèles.

Cette compréhension plus approfondie de l'agriculture permet une planification plus stratégique, permettant d'ajuster les pratiques agricoles pour répondre aux conditions spécifiques et améliorer des résultats expressifs en matière de productivité, de durabilité et de rentabilité de l'agriculture.