



**HAL**  
open science

# Potentialité des chroniques temporelles Sentinel-2 pour identifier et suivre les ITK des cultures pérennes

Arthur Thonier

## ► To cite this version:

Arthur Thonier. Potentialité des chroniques temporelles Sentinel-2 pour identifier et suivre les ITK des cultures pérennes. Interfaces continentales, environnement. 2024. hal-04808845

HAL Id: hal-04808845

<https://hal.inrae.fr/hal-04808845v1>

Submitted on 28 Nov 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License



## **Potentialité des chroniques temporelles Sentinel-2 pour identifier et suivre les ITK des cultures pérennes**

Stage réalisé du 1er février au 31 juillet 2024 au Laboratoire d'étude des interactions Sol-Agrosystème-Hydrosystème de Montpellier (LISAH).

soutenance prévue le 10 septembre 2024.

THONIER Arthur

**MASTER 2 Mention Géomatique**



Tuteurs de stage : Fabrice VINATIER & Nicolas DEVAUX, Enseignants chercheurs à l'UMR LISAH

Référent de stage : GERVET Carmen, enseignant chercheur, Université de Montpellier

## Remerciements

Je tiens tout particulièrement à remercier Nicolas DEVAUX et Fabrice VINATIER de m'avoir accueilli au sein de l'UMR LISAH en qualité de stagiaire. Je les remercie également pour leur apport de connaissances dans le domaine de l'agronomie et de la programmation sur le logiciel Rstudio et pour tous leurs conseils durant ce stage.

Merci également aux stagiaires que j'ai pu côtoyer pendant ces 6 mois et pour l'ambiance mise dans les bureaux.

J'ai beaucoup apprécié l'accueil et la disponibilité de tout le personnel, ainsi mon stage s'est déroulé dans d'excellentes conditions.

## Lettre de mission

**L'étudiant/e stagiaire**

Nom : THONIER

Prénom(s) : Arthur

### **Mission du stage**

Intitulé provisoire : Création d'une typologie des itinéraires techniques agronomiques basée sur les pratiques étudiées et les profils Sentinel-2 associés.

Objectifs : Recherche bibliographique approfondie sur la détection de deux pratiques agricoles essentielles : l'enherbement de la vigne et le déploiement de filets insect-proof en verger, en utilisant l'indicateur NDVI des images Sentinel-2.

### **Tâches confiées au stagiaire – Nature de ces tâches :**

- Effectuer une revue approfondie de la littérature scientifique existante sur la détection de l'enherbement de la vigne et du déploiement de filets insect-proof en arboriculture.
- Constitution d'une typologie des ITK (itinéraires techniques agricoles) sur la gestion des inter rangs des parcelles viticoles et les vergers en lien avec des variations des mesures satellitaires.
- Récupération des images pertinentes à partir de la base d'images Sentinel-2 sur la période d'étude : archivage et extraction des métadonnées.
- Constitution des profils temporels sur quelques parcelles test : création d'un module Python/RShiny pour affichage d'un profil spectral à partir d'une boîte englobante et/ou d'un parcellaire.
- Analyse des profils spectraux issus des images Sentinel-2 en relation avec la typologie des ITK : corrélations statistiques.
- Rédaction d'un rapport qui synthétise les informations collectées et présente des recommandations pour des travaux futurs.

### **Compétences à mettre en œuvre :**

- Compréhension des principes du fonctionnement des cultures pérennes et interprétation d'images satellitaires.

- Connaissance en programmation python et/ou R.
- Capacité à travailler de manière autonome et à respecter les délais.
- Communication / Rédaction.

Résultats escomptés comme produit(s) ou livrable(s) :

- Rédaction d'un rapport qui synthétise les informations collectées et présente des recommandations pour des travaux futurs .

**Structure d'accueil du stage**

Nom ou acronyme : UMR LISAH

**Références du tuteur de stage dans la structure d'accueil**

Nom, Prénom : Devaux Nicolas

Fonction du tuteur : Enseignant

Coordonnées du tuteur : UMR LISAH l'Institut Agro Montpellier – INRAE - IRD

**Adresse et coordonnées du lieu du stage :**

Bat. 24,

Place Viala,

34060 Montpellier cedex 1,

N° tel et e-mail : 0682450774 - nicolas.devaux@supagro.fr

Conditions du stage :

Lieu et descriptif rapide de la structure d'accueil : UMR LISAH

Équipements géomatiques : PC de bureau + accès à des calculateurs

Dates et durée : 1er Février 2024–6 mois

Rémunération : 4,35€/h

**4. L'enseignant référent du stage**

Nom et prénom : GERVET Carmen

Fonction (PR, MCF, chercheur...) : Professeur des universités

## Table des matières

Remerciements.....	
Lettre de mission.....	
Table des figures.....	

<b>Table des sigles</b>	.....
<b>1. Introduction</b>	.....
1.1) Contexte et objectifs du stage	.....
1.2) Approche générale du sujet d'étude et problématique	.....
1.3) Planning du projet	.....
<b>2. Etat de l'art</b>	.....
2.1) Introduction	.....
2.2) Itinéraire Technique Agricole (ITK)	.....
2.3) Itinéraire technique agricole (parcelles viticoles) : le travail du sol	.....
2.4) L'enherbement de la vigne	.....
2.5) Les stades phénologiques et calendrier des interventions sur la vigne	.....
2.6) Déploiement des filets insect-proof en vergers	.....
2.7) Caractéristiques du satellite Sentinel-2	.....
2.8) L'indice de végétation (le NDVI)	.....
2.8.1) Etude de l'enherbement des inter-rangs de la vigne avec le NDVI	.....
2.8.2) Etude des filets avec la bande (B6)	.....
<b>3. Les zones d'études</b>	.....
3.1) Zone d'étude de Roujan et de la Basse Vallée de la Durance	.....
3.1.1) Zone d'étude de Roujan	.....
3.1.2) Zones d'étude de la Basse Vallée de la Durance	.....
<b>4. Méthodologie</b>	.....
4.1) Script : Préparation des données	.....
4.2) Script : Analyses des images satellitaires	.....
4.2.1) Application Shiny et observation des images Sentinel-2	.....
4.3) Script : Dynamique Spectrale	.....
4.3.1) Utilisation du script pour l'étude des parcelles viticoles	.....
4.3.2) Utilisation du script pour l'étude des parcelles arboricoles	.....
<b>5. Résultats</b>	.....
5.1) Résultats sur une parcelle viticole de Roujan	.....
5.1.1) Représentation graphique de la parcelle viticole aw 114 (Roujan)	.....
5.1.2) Représentation graphique de la parcelles viticole aw 114 (zoom sur 2019 et 2020)	.....
5.2) Résultats d'un couple de parcelles arboricoles (filets insect-proof)	.....
5.2.1) Représentation des profils spectraux (B06)	.....
5.2.2) Représentation des Boxplots d'un couple de parcelle (avec et sans filet)	.....
<b>6. Discussions</b>	.....
6.1) Parcelles viticoles de Roujan	.....
6.2) Parcelles arboricoles de la Basse Vallée de la Durance	.....
6.2.1) Les profils spectraux	.....
6.2.2) Les Boxplots	.....
6.3) Problèmes rencontrés	.....
<b>Conclusion et perspectives</b>	.....
<b>Références bibliographiques</b>	.....
<b>Annexes</b>	.....

Résumé.....

**Table des figures**

Figure 1-Planning du projet.....12  
Figure 2-Variation des surfaces enherbées sur la parcelle viticole.....14



Figures 3-Filet insect-proof mono-rang.....	16
Figures 4-Filet insect-proof mono-parcelles.....	16
Figures 5-Caractéristiques du satellites Sentinel-2.....	17
Figure 6-Formule du NDVI.....	18
Figure 7-Schéma qui représente la croissance de la masse foliaire de la vigne avec l'enherbement des inter-rangs vis-à-vis des différentes interventions réalisées sur une année.....	19
Figure 8-Schéma qui représente la bande spectrale B6 par rapport au déploiement et au non déploiement des filets insect-proofs.....	21
Figure 9-Situation des parcelles viticoles étudiées de Roujan.....	23
Figure 10 -Situation des 16 couples de parcelles d'arboriculture de la Basse Vallée de la Durance.....	24
Figure 11-Application Rshiny - Analyse des rasters.....	26
Figure 12-Graphique de la parcelle aw 114 (Roujan).....	28
Figure 13-Graphique de la parcelle aw 114 (Roujan) année 2019.....	29
Figure 14-Graphique de la parcelle aw 114 (Roujan) année 2020.....	29
Figure 15-Profiles spectraux des parcelles avec et sans filets.....	31
Figure 16-Graphique représentant les valeurs spectrales des Boxplots (avec et sans filet) en fonction du temps (/mois).....	31
Figure 17-Capture d'écran de l'application Shiny représentant la similarité des médianes entre les Boxplots avec et sans filets.....	35
Figure 18-Capture d'écran de l'application Shiny représentant l'écart des médiane entre les Boxplots avec et sans filets.....	35

## Table des sigles

NDVI : Normalized Difference Vegetation Index

ITK : Itinéraire technique agricole

UMR LISAH : Laboratoire d'Étude des Interactions entre Sol-Agrosystème-Hydrosystème

INRAE : Institut national de la recherche agronomique

IRD : Institut de recherche pour le développement

CIRAD : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

PIR, NIR : Bande spectrale du proche infrarouge (B8)

RED : Bande spectrale rouge (B4)

## 1. Introduction

### 1.1) Contexte et objectifs du stage

Mon stage de fin d'étude du Master 2 en géomatique s'est déroulé du 1<sup>er</sup> février au 31 juillet 2024 au campus de la Gaillarde à Montpellier, plus précisément à l'Institut Agro étant un établissement d'enseignement supérieur sur diverses thématiques comme l'agronomie, l'agriculture et l'environnement. Depuis 2020, cette enseigne regroupe plusieurs institut Agro comme ceux de Montpellier, de Rennes et de Dijon. Afin de réaliser mon stage, j'ai eu l'opportunité d'intégrer un laboratoire travaillant sur les interactions sol – agrosystème – hydrosystème (UMR LISAH) situé à Montpellier. Cette unité est principalement composée d'enseignants chercheurs, de doctorants et d'étudiants stagiaires travaillant sur différents sujets. L'objectif de ce laboratoire est de créer des outils et différentes méthodes permettant la gestion des ressources naturelles de manière durable. Ces différents procédés sont utilisés dans différents contextes comme le changement climatique et l'intensification agricole. Leurs études sont le plus souvent appliquées à des problématiques comme la gestion des sols, la qualité de l'eau et bien encore la conservation des ressources naturelles dans différents systèmes comme l'agriculture.

L'objectif de ce stage est de représenter des séries temporelles issues des images satellites en y ajoutant des dates connues sur les interventions du travail du sol de la vigne et des dates sur le déploiement des filets des parcelles arboricoles. Pour cela, j'ai eu l'opportunité de travailler sur différentes zones d'études comme celle de Roujan et celle de la Basse Vallée de la Durance. Ces 2 sites comportent des parcelles viticoles et des parcelles arboricoles avec des filets insect-proof.

Sur la zone d'étude de Roujan, la mission est d'utiliser des images satellites Sentinel-2 permettant de créer des profils spectraux puis de calculer un indicateur de végétation comme le NDVI permettant de visualiser le taux de végétation au niveau des inter-rangs de la vigne afin de savoir s'il y a un enherbement ou pas. Si un travail du sol est réalisé, cela entraînera une éventuelle diminution du NDVI. Dans le cas contraire, si aucune intervention du travail du sol n'a lieu, cela entraînera une augmentation du NDVI.

Sur la zone d'étude de la Basse Vallée de la Durance, la deuxième mission était d'utiliser des images satellites Sentinel-2 afin d'obtenir des profils spectraux pour détecter la présence ou l'absence de filets insect-proof sur les parcelles arboricoles.

## 1.2) Approche générale du sujet d'étude et problématique

L'enherbement des inter-rangs de la vigne et les filets insect-proof sont des ITK (Itinéraires techniques agricoles) de différentes cultures pérennes pouvant ainsi modifier la biomasse présente sur les parcelles comme l'enherbement sur les parcelles viticoles ou pouvant être visible par le satellite avec le déploiement des filets insect-proof. Au-delà des pratiques agricoles, les enjeux agricoles et environnementaux ont besoin d'une plus grande compréhension de toutes les étapes des ITK (itinéraires techniques agricoles) sur les parcelles de cultures pérennes comme les vergers et la vigne. La télédétection peut permettre l'identification de toutes ces étapes puis de les positionner dans le temps. Cela permettrait de réduire le temps passé sur le terrain, d'étendre cette connaissance sur toutes les parcelles avec des cultures pérennes. Un travail est donc réalisé pour superposer les séries temporelles à diverses périodes liées aux ITK de la viticulture et de l'arboriculture, dont les dates de réalisation sont connues et permettent d'impacter les profils spectraux détectés par le satellite.

Dans un premier temps on s'intéresse aux différents actes (enherbement et le déploiement des filets insect-proof) ayant de l'influence sur la biomasse sur les différentes parcelles (viticoles et arboricoles) pouvant être captées par le satellite. L'idée est de s'intéresser dans une première partie à la gestion de l'enherbement sur les parcelles viticoles puis à l'utilisation des filets insect-proof sur les parcelles arboricoles.

A partir de ces informations et des données utilisées une problématique peut être formulée : « Est-il possible d'identifier la nature et la date des étapes de l'ITK des cultures pérennes (viticulture et arboriculture) à partir de l'analyse des séries temporelles Sentinel-2 ? »

Pour répondre à cette problématique, nous verrons s'il est possible de positionner les interventions du travail du sol sur les séries temporelles par le biais de diverses périodes liées à ces actions sur les parcelles viticoles. Dans une seconde partie, nous verrons s'il est possible d'observer un changement de comportement des séries temporelles pour savoir si les filets insect-proof sont déployés ou s'ils ne sont pas déployés. Pour cela, on utilisera des périodes liées au déploiement des filets insect-proof sur les parcelles arboricoles.

### 1.3) [Planning du projet](#)

PROJET	Missions	Durée du stage					
	Tâches réalisé	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
Identification des ITK des cultures pérennes	Recherches bibliographique						
	Extraction/Préparation/Découpage des données						
	Visualisation et analyse des images satellites Sentinel-2						
	Affichage des profils spectraux						
	Analyse des résultats						
	Rédaction du mémoire de stage						

Figure 1-Planning du projet

Sur les diverses missions qui m'ont été confiées, quelques changements ont été réalisés sans pour autant impactés le planning et les différentes tâches de ce projet. Par manque de temps, la dernière étape de ce projet étant la réalisation d'une classification automatique des résultats obtenue n'a pas pu être réalisée. Cependant, toutes les autres tâches ont bien été effectuées afin d'obtenir des résultats.

## 2. Etat de l'art

### 2.1) Introduction

En agriculture, l'utilisation des images satellites et des ITK comme l'enherbement de la vigne et les filets insect-proof permettent une plus grande gestion des cultures pérennes. Cet état de l'art vise à expliquer différents termes comme l'enherbement des inter-rangs en viticulture, le déploiement des filets insect-proof en arboriculture . De plus, les caractéristiques du satellite Sentinel-2 et le NDVI seront expliqués car ces outils permettent d'étudier la variation de la biomasse des parcelles viticoles et arboricoles avec des dates connues.

### 2.2) Itinéraire Technique Agricole (ITK)

Un ITK est une suite d'interventions spécifiques à une culture. Chaque culture possède son propre ITK. Un ITK permet de conduire une culture pour obtenir une bonne production agricole à la fin de l'année culturale (CIRAD et al., 2002). L'intervention que l'on étudie est le travail du sol (Coulouma et al., 2006). Les agriculteurs et les viticulteurs disposent de différents moyens techniques et mécaniques pour réaliser cette opération.

### 2.3) Itinéraire technique agricole (parcelles viticoles) : le travail du sol

En viticulture, plusieurs opérations sont réalisées au cours d'une année culturale permettant aux viticulteurs d'obtenir des résultats en termes de production agricole. Il existe plusieurs types d'interventions comme le rognage, l'épamprage, l'effeuillage, le labour (Annexe 1). Tous ces travaux sont décomposés sur une année culturale débutant en décembre et se terminant en novembre de l'année suivante (Annexe 1).

L'intervention sur laquelle on s'intéresse est le travail du sol. Cette intervention est liée à l'ITK de la vigne. Le travail du sol s'effectue sur toute une année culturale (Schrek, 2008). Cette méthode permet de supprimer l'enherbement des inter-rangs afin de limiter l'utilisation des produits polluants (Schrek, 2008). Le travail du sol vise à maîtriser le taux d'enherbement des inter-rangs sur les parcelles viticoles.

## 2.4) L'enherbement de la vigne

Généralement, l'enherbement est une pratique utilisée en viticulture. Elle consiste à laisser pousser l'herbe sur la totalité ou sur plusieurs inter-rangs d'une parcelle. Ce couvert végétal permet une bio-protection des rangs de vignes pour limiter l'érosion des sols (Andrieux et al., 2008). Il permet aussi une bio-construction favorisant l'infiltration de l'eau dans le sol (Celette et al., 2008) et ainsi de favoriser le développement et la croissance de la vigne. De plus, le taux et la fréquence de cet enherbement peut varier (Figure 2).

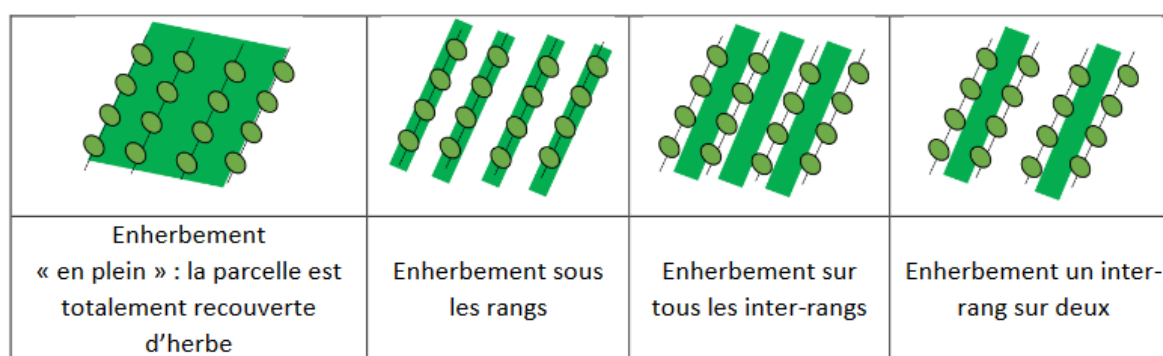


Figure 2-Variation des surfaces enherbées sur la parcelle viticole (Source : Frey H., 2016).

Il existe différents enherbements en fonction des saisons : l'enherbement hivernal, l'enherbement temporaire puis l'enherbement permanent (Frey, 2016 ; Schrek, 2008). L'enherbement hivernal est seulement présent lors des vendanges jusqu'au débourrement de la vigne (Frey, 2016). Ensuite, l'enherbement temporaire est éliminé du printemps jusqu'à l'été (Schrek, 2008). Enfin, l'enherbement permanent est présent durant toute l'année culturale (Frey et al., 2016 ; Schrek et al., 2008).

Cependant, la biomasse d'une parcelle viticole peut être impactée par différentes interventions liées à l'ITK de la vigne comme le rognage visant à supprimer la végétation de la vigne. Par ailleurs, les stades phénologiques peuvent eux aussi impacter la biomasse telle que la floraison faisant augmenter la végétation des rangées de vignes. Cela peut recouvrir le couvert végétal au sol et donc entraîner

une confusion entre l'enherbement des inter-rangs et la masse foliaire de la vigne.

## 2.5) Les stades phénologiques et calendrier des interventions sur la vigne

Au cours d'une année culturale, la croissance de la vigne se divise en plusieurs stades phénologiques (Annexe 2). Cela permet à la vigne de s'adapter durant toute l'année. Ces stades phénologiques sont contrôlés par diverses interventions liées à l'ITK de la vigne (Annexe 2) réalisé par le ou les viticulteurs. L'ensemble de ces interventions sont effectuées par le viticulteur impactant la biomasse de la parcelle. L'intervention retenue pour réaliser cette étude est le travail du sol.

Cependant, la biomasse d'une parcelle viticole peut être impactée par d'autres interventions liées à l'ITK de la vigne visant à faire augmenter ou diminuer la biomasse de la parcelle. Les stades phénologiques peuvent eux aussi impacter la biomasse tel que la floraison faisant augmenter la végétation des rangs de vigne. La végétation de la vigne peut recouvrir le couvert végétal au sol.

Durant cette étude, avec des images satellites Sentinel-2, la question qui se pose est de savoir s'il est possible ou pas d'identifier les interventions liées au travail du sol. Ensuite, une autre étude est réalisée sur des parcelles arboricoles afin de savoir s'il est possible d'identifier la présence ou l'absence des filets insect-proof en utilisant des images satellites Sentinel-2.

## 2.6) Déploiement des filets insect-proof en vergers

En général, le déploiement des filets se réalise du mois d'avril au mois d'octobre (Annexe 3). Cette opération fait partie de l'ITK arboricole. Le déploiement de ces filets permet la protection des cultures contre différents types d'insectes. Il existe deux types de filets soit le filet mono-rang soit le filet mono-parcelle. Ces filets servent à protéger les parcelles de tous types d'insectes. La pose de ces filets se fait au moment du semis ou de la plantation des arbres (du mois d'avril au mois de mai) et ils se retirent au mois d'octobre. De plus, les filets peuvent être fermés au moment de la récolte.



Le filet mono-rang permet la protection de chaque rang de la parcelle. Il protège le sol de tous types d'insectes. En arboriculture, les filets mono-rang se referment au niveau des troncs des arbres afin de limiter tout contact entre le sol et les cultures. Cela réduit donc l'accès aux arbres pour les ravageurs (Gagnon Lupien et al., 2022) (Figure 3).



Figures 3-Filet insect-proof mono-rang (Gagnon Lupien et al., 2022).

Le filet mono-parcelle recouvre l'ensemble des cultures de la parcelle. Il permet de couvrir un grand nombre de rang en utilisant un seul et grand filet. Il est d'une importance capitale de bien fermer ces filets au niveau du sol car certains ravageurs peuvent entrer sous les filets afin de se développer et ainsi apporter des maladies sur les cultures. (Gagnon Lupien et al., 2022) (Figure 4).

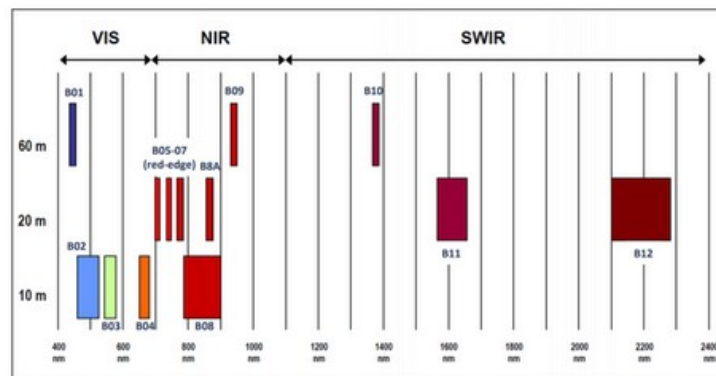


Figures 4-Filet insect-proof mono-parcelles (Gagnon Lupien et al., 2022).

Chaque filet possède des mailles de différentes tailles en forme de rectangle. Ces mailles sont adaptées aux différents types d'insectes vivant à proximité des parcelles arboricoles. Les mailles de ces filets doivent avoir une taille suffisante grande pour laisser passer l'air ambiant et les rayons du soleil. Cela pour éviter la création d'un microclimat sur les cultures et éviter d'avoir un taux d'humidité ou de chaleur trop important (Gagnon Lupien et al., 2022).

## 2.7) Caractéristiques du satellite Sentinel-2

Sentinel-2 est une série de satellites composé du satellite Sentinel-2A et Sentinel-2B. Ces deux satellites se situent sur la même orbite terrestre. Ils capturent des informations sur la surface terrestre durant un intervalle de 5 jours. Ils se composent chacun de 13 bandes spectrales (Figure 5). Ces deux satellites ont une résolution spectrale allant à 10 mètres, 20 mètres ou 60 mètres selon les bandes spectrales. Les images satellites obtenues par ces satellites proviennent des services de surfaces continentales Theia (Dusseux et al., 2022).



Figures 5-Caractéristiques des satellites Sentinel-2 - (Source : Gaetano, Le programme Copernicus et la mission Sentinel-2, 2018).

Les images satellites Sentinel-2 sont souvent utilisées en télédétection. La plupart du temps, les bandes spectrales du proche-infrarouge B4 (PIR ou NIR qui veut dire proche infrarouge) et du rouge B8 (RED) sont utilisées afin de calculer le NDVI. Cela permet d'extraire des données décrivant le couvert végétal du sol terrestre.

## 2.8) L'indice de végétation (le NDVI)

Depuis les années précédentes, une grande quantité d'indicateurs de végétation ont été inventés, permettant d'identifier et d'analyser les différents types de sol comme le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) permettant de connaître un taux de végétation sur une parcelle donnée. Ce NDVI se calcule avec le PIR et le RED (Figure 6) (Robin, 2002). Ces bandes spectrales utilisées permettent de donner un

contraste assez élevé afin de différencier les surfaces du sol. Ce contraste est intéressant pour le calcul de la végétation (Baret et al., 1995). De plus, le NDVI donne le taux du couvert végétal sur un pixel d'une image satellite sur une zone d'étude donnée (Verstraete et al., 1991). De plus, les valeurs du NDVI oscillent entre -1 (surfaces non végétalisées) et 1 (surfaces végétalisées).

$$NDVI := \text{Index}(NIR, RED) = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}.$$

Pour Sentinel-2, l'index ressemble à ceci:

$$NDVI := \text{Index}(B8, B4) = \frac{B8 - B4}{B8 + B4}.$$

Figure 6-Formule du NDV (Source : GEOAFRICA).

## 2.8.1) Etude de l'enherbement des inter-rangs de la vigne avec le NDVI

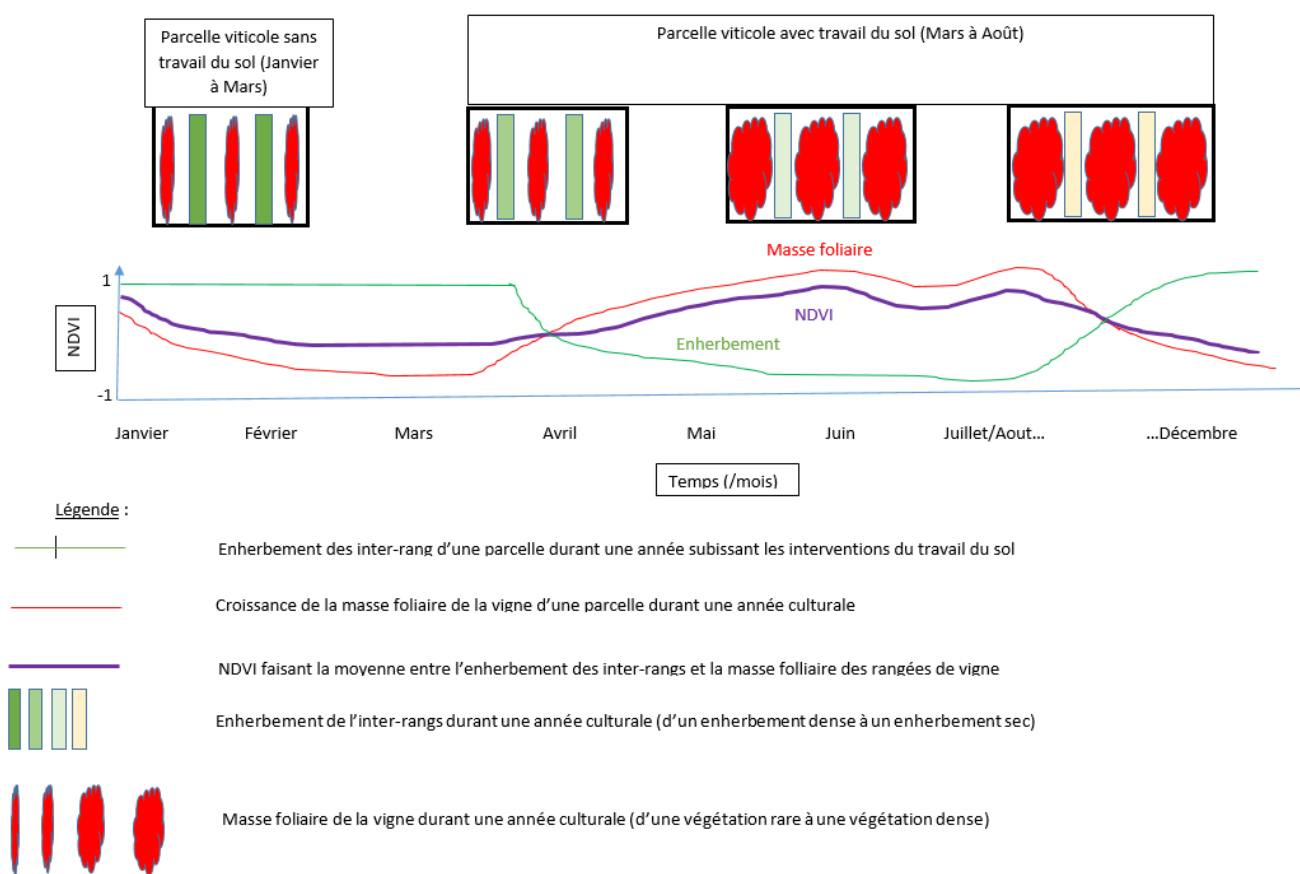


Figure 7-Schéma qui représente la croissance de la masse foliaire de la vigne avec l'enherbement des inter-rangs vis-à-vis des différentes interventions réalisées sur une année.

Afin de bien comprendre cette étude, il est nécessaire de savoir que l'enherbement et les interventions sur la vigne ont un impact sur la biomasse de la parcelle (Figure 7). Cela engendre donc des fluctuations du NDVI car la masse foliaire de la vigne et le couvert végétal varie en fonction des interventions réalisées sur les inter-rangs et sur les rangs de la vigne (travail du sol, rognage, écimage, etc...).

Sur une parcelle viticole, le viticulteur doit réaliser des entretiens du sol régulièrement sur les inter-rangs de la vigne au cours d'une année culturale. Sur la figure 7, le viticulteur ne s'occupe pas du travail du sol du mois de janvier jusqu'à mars (c'est la période hivernale) donc l'enherbement se densifie. Cela peut se voir à l'allure de la courbe (verte), elle reste stable jusqu'à fin mars. Le début du travail du sol commence au mois d'avril. Cela peut s'observer sur la courbe (verte) car il y a une diminution de l'enherbement des inter-rangs jusqu'à fin août. Après cette période, l'enherbement hivernal se remet en place.

En plus de l'enherbement, la masse foliaire de la vigne se densifie sur toute l'année. Au départ, au mois de janvier jusqu'à mars, la végétation de la vigne se fait rare. Donc l'identification de l'enherbement des inter-rangs peut être visible. Au fil du temps, la végétation prend de l'ampleur et grossit. Arrivé au mois d'avril et cela jusqu'au mois d'août, avec une densité de la masse foliaire de la vigne, celle-ci se mélange à l'enherbement des inter-rangs. Il est donc difficile d'identifier un enherbement des inter-rangs durant cette période.

Normalement, l'entretien du sol permet de supprimer le couvert végétal au sol. Cela entraîne une diminution du NDVI. Mais avec les différentes interventions et les stades phénologiques de la vigne, ces facteurs peuvent impacter ce NDVI et permettre de ne pas réussir à identifier un entretien du sol des inter-rangs de la vigne.

Le NDVI (courbe violette sur la figure 7) est utilisé pour étudier le taux de végétation sur ces types de parcelles. Le NDVI va permettre de savoir si un entretien du sol est réalisé ou pas. Par contre, pour étudier ce NDVI, il est nécessaire de prendre en compte quelques facteurs qui pourraient modifier les résultats. Ces facteurs sont les interventions liées à l'ITK de la vigne (rognage, écimage, etc..).

## 2.8.2) Etude des filets avec la bande (B6)

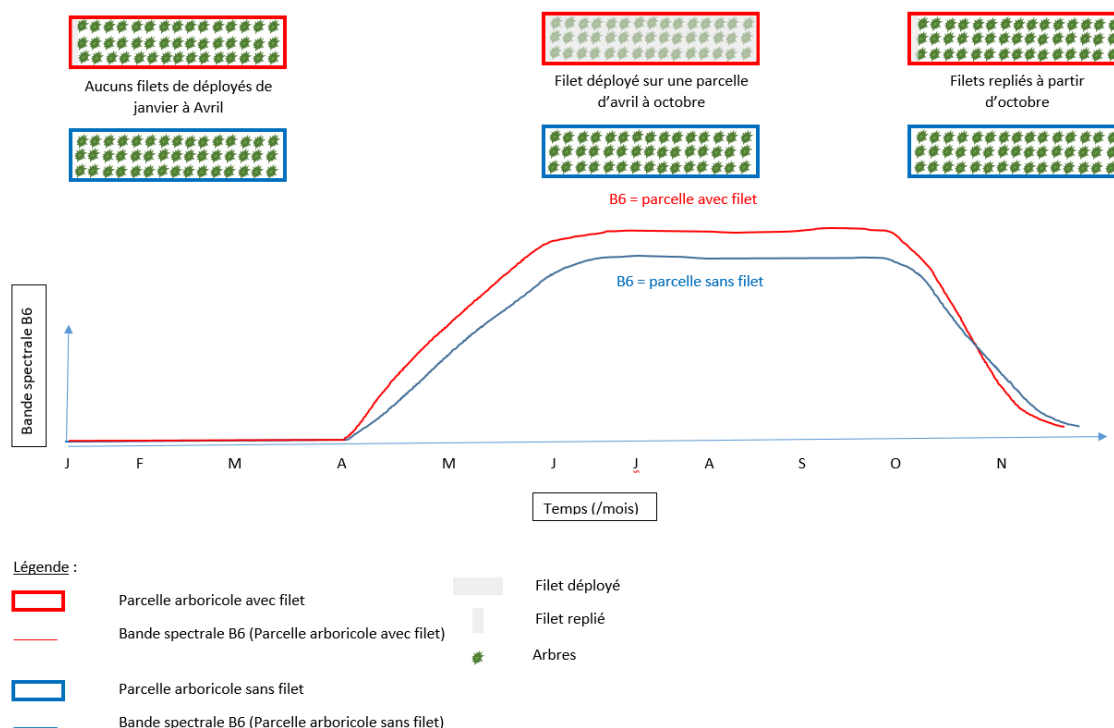


Figure 8-Schéma qui représente la bande spectrale B6 par rapport au déploiement et au non déploiement des filets insect-proofs.

Une seconde étude est réalisée sur la Basse Vallée de la Durance concernant des couples de parcelles arboricoles ayant une sur deux des filets insect-proof. L'objectif est de savoir si avec les images Sentinel-2, il est possible d'identifier la présence ou l'absence de ces filets. Ensuite, il est important de savoir qu'il y a des périodes où les filets sont déployés et d'autres périodes où les filets sont repliés. Le déploiement de ces filets se réalise dès le mois d'avril et cela jusqu'au mois d'octobre prochain. Avant et après cette courte période, les filets sont repliés.

Comme vu précédemment, du mois de janvier à avril les filets sont repliés donc les deux parcelles évoluent à l'air libre (Figure 8). Avec cette information et après observation du schéma ci-dessus, les bandes spectrales B6 avec et sans filets sont donc confondues. Dans un premier temps, la végétation se fait rare car c'est l'hiver

et ensuite aucuns filets n'est de déployés donc aucunes différences ne peut être visible sur le graphique.

Du mois d'avril jusqu'à octobre, les filets sont déployés sur l'une des deux parcelles arboricoles en y augmentant le profil de la bande spectrale 6. Pour la parcelle avec filet, la bande spectrale 6 est plus élevée que celle sans filet (Figure 8). Cela est éventuellement dû au passage d'une quantité de lumière moins importante lorsqu'il n'y a aucun déploiement de filets. Durant cette période, il est donc possible d'observer une différence pour savoir si les filets sont déployés ou repliés.

### **3. Les zones d'études**

Durant ce stage, différentes zones d'étude sont étudiées. La première se situe à Roujan et comporte des parcelles viticoles . La seconde, le site de la Basse Vallée de la Durance se situe entre la ville d'Avignon et les Alpilles. La totalité des parcelles que possède ce site sont arboricoles et certaines d'entre elles comportent des filets insect-proof.



### 3.1) Zone d'étude de Roujan et de la Basse Vallée de la Durance

#### 3.1.1) Zone d'étude de Roujan

Cette zone comporte 177 parcelles viticoles (Figure 9). Chaque mois, des techniciens du laboratoire se rendent sur le terrain pour effectuer des relevés sur la présence ou l'absence de l'enherbement des inter-rangs.



Figure 9-Situation des parcelles viticoles étudiées de Roujan (Source : QGIS).

#### 3.1.2) Zones d'étude de la Basse Vallée de la Durance

Cette zone comporte plusieurs couples de parcelles arboricoles. 16 d'entre eux sont utilisés et étudiés afin de comparer les chroniques temporelles de chaque couple pour savoir si les filets sont déployés ou pas. Tous les trois ou quatre mois, des techniciens de laboratoire se rendent sur le terrain afin de relever des informations si les filets insect-proof sont déployés ou non. Ci-dessous une carte représentant les 16 couples de parcelles arboricoles avec et sans filets insect-proof (Figure 16).

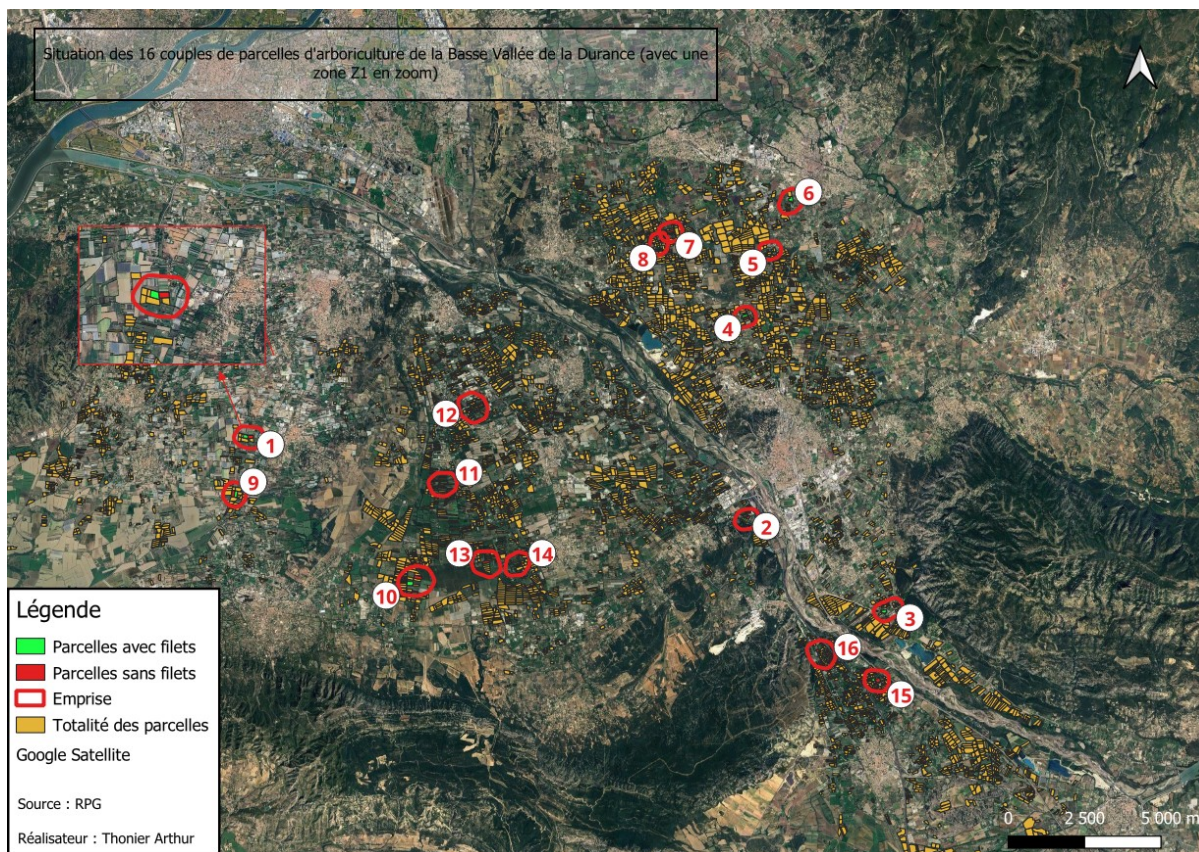


Figure 10-Situation des 16 couples de parcelles d'arboriculture de la Basse Vallée de la Durance (Source : QGIS).

#### 4. Méthodologie

Pour commencer, cette méthode se décompose en plusieurs étapes. Chacune de ces étapes utilisent un script réalisé sous le logiciel Rstudio. Le premier script prépare et agrège toutes les données Sentinel-2 en créant des rasters découpés sur les différentes zones d'études. Ensuite un autre script permet d'analyser les images satellitaires à l'aide d'une application Shiny afin de garder les images sans nuages. Pour finir, un dernier script est utilisé pour représenter les

différentes séries temporelles issues des images satellites et de les afficher sous formes de graphiques. En supplément, des dates connues sur des interventions telles le travail du sol pour les parcelles viticole et le déploiement des filets pour les parcelles arboricoles ont été ajoutées sur les graphiques. Toutes ces périodes vont nous permettre d'identifier et de suivre ces interventions. Tout cela va nous permettre d'identifier s'il y a un enherbement sur les inter-rangs des parcelles viticoles ou d'observer s'il y a un déploiement des filets sur les parcelles arboricoles.

#### [4.1\) Script : Préparation des données](#)

Toutes les images satellites Sentinel-2 ont été agrégées à l'aide d'un script (Annexe 4). De base, toutes les images satellites sont très volumineuses. Pour cela on utilise ce script permettant de prendre les informations nécessaires à utiliser comme les bandes spectrales et leur résolution spatiale. En sortie de ce script, quatre fichiers sont créés (2 rasters découpés sur la zone d'étude avec une résolution spatiale de 10 mètres et des fichiers .csv récapitulant la date de prise de vue, les bandes spectrales utilisées, la résolutions spatiales avec le noms des tuiles rasters). Toutes ces données sont utilisées dans un autre script permettant d'analyser chaque images satellitaires.

#### [4.2\) Script : Analyses des images satellitaires](#)

## 4.2.1) [Application Shiny et observation des images Sentinel-2](#)

### Visualisation BVD Observatory

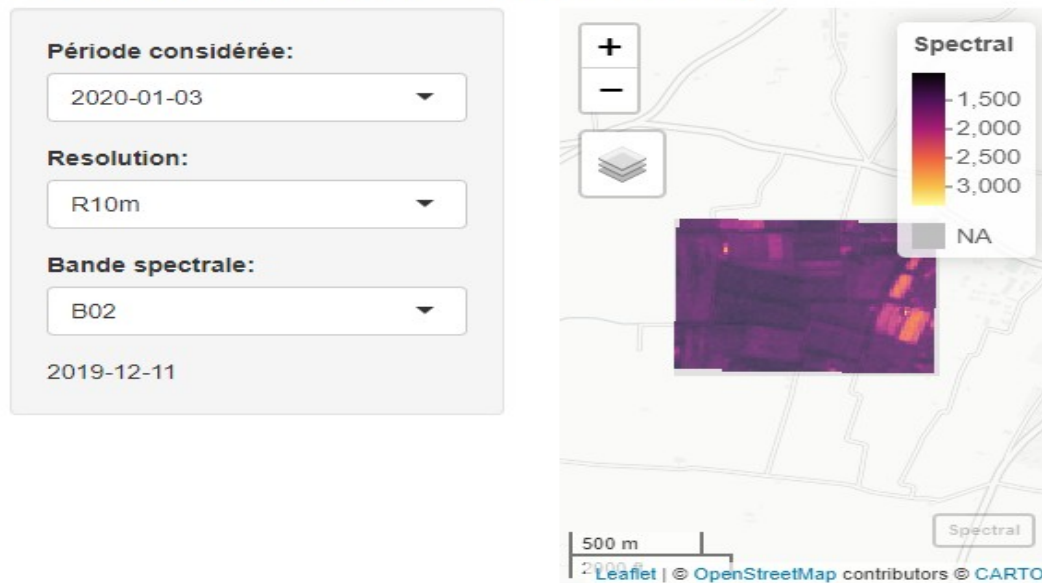


Figure 11-Application Rshiny - Analyse des rasters.

Cette application (Figure 11) a permis d’analyser toutes les images satellitaires. En ouvrant et en observant toutes ces images satellitaires dans l’application Shiny, Il est possible d’identifier l’absence ou la présence de nuages. La présence de nuage peut s’observer avec une couleur orange ou jaune vive et des valeurs spectrales très élevées. Lorsqu’il n’y a pas ou très peu de nuage, les parcelles doivent s’observer à l’œil nu comme sur la Figure 11. Dans cette situation les contours des parcelles viticoles sont observables à l’œil nu. Par la suite, il faut récapituler toutes ces observations dans un fichier Excel en marquant soit “Absence de nuages” soit “Présence de nuages”.

## 4.3) [Script : Dynamique Spectrale](#)

### 4.3.1) [Utilisation du script pour l’étude des parcelles viticoles](#)

Pour résumer, cette étape fait appelle à un script (Annexe 6) ayant pour objectif d’afficher une application Shiny avec plusieurs graphiques. Cette application

représente des séries temporelles issues des images satellites Sentinel-2 : B2 (en bleu), B3 (en vert), B4 (rouge) et B8 (en noire). Un second graphique représente la variation du NDVI. Cet NDVI est calculé par rapport à la moyenne de chaque pixels d'une image satellite sur une parcelle viticole donnée. De plus, un dernier graphique représente les observations qui ont été relevées par des techniciens du laboratoire. Celles-ci représentent la présence ou l'absence d'un enherbement sur les inter-rangs des parcelles viticoles. Lorsqu'il n'y a pas d'enherbement, la courbe a tendance à diminuer jusqu'à 0. Puis, lorsqu'il y a un enherbement, la courbe augmente jusqu'à 1. Pour finir, des périodes liées aux interventions du travail du sol ont été ajoutées. Ces interventions sont réalisées sur plusieurs parcelles viticoles ayant chacune une fréquence d'enherbement. Soit  $\frac{1}{2}$  (un rang sur deux),  $\frac{2}{3}$  (deux rangs sur trois),  $\frac{3}{4}$  (trois rangs sur quatre) ou 1/1 (tous les inter-rangs de la parcelle sont enherbés). Dans cette étude, les parcelles viticoles utilisées sont celles ayant un enherbement présent sur la totalité des inter-rangs.

#### [4.3.2\) Utilisation du script pour l'étude des parcelles arboricoles](#)

Concernant la région de la Basse Vallée de la Durance, le script "Dynamique spectrale" est utilisé pour représenter la bande spectrale (B6) des couples de parcelles avec et sans filet. De plus, des périodes connues sur l'ouverture et la fermeture des filets sont ajoutées.

## **[5. Résultats](#)**

### [5.1\) Résultats sur une parcelle viticole de Roujan](#)

### 5.1.1) [Représentation graphique de la parcelle viticole aw 114 \(Roujan\)](#)

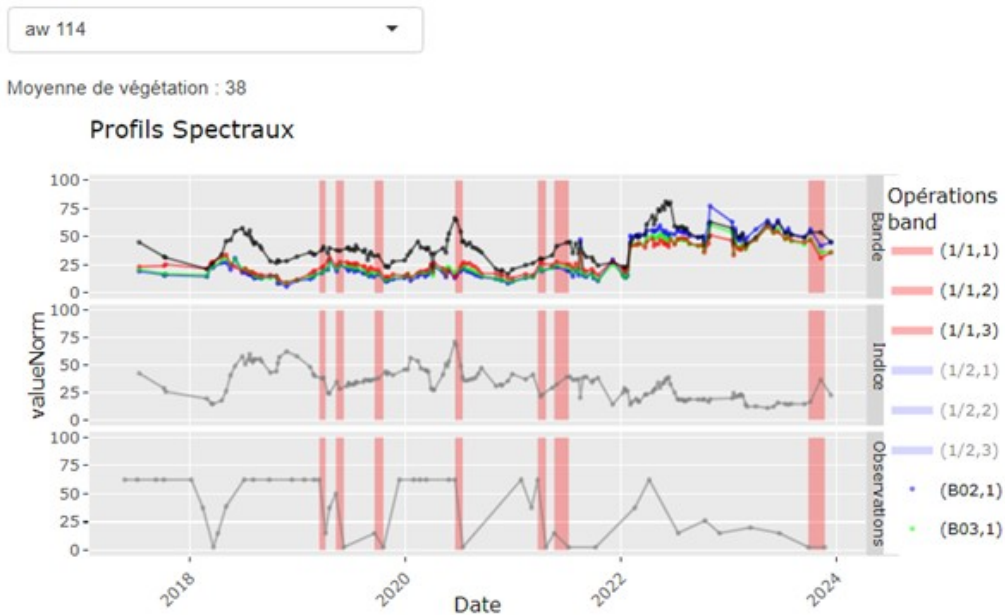


Figure 12-Graphique de la parcelle aw 114 (Roujan).

Sur ce graphique, trois graphiques sont représentés. Le premier représente les séries temporelles en fonction des années. Le deuxième représente le NDVI et le dernier graphique représente les observations (issues des relevés de terrain) en fonction des années. Avec cela, des périodes représentant les interventions de labour sur les inter-rangs de la vigne ont été ajoutées. Cette intervention est réalisée sur tous les inter-rangs de la parcelle aw 114. Concernant la courbe des observations, un enherbement total est visible lorsque la courbe est à son maximum. Lorsqu'il y a un travail du sol, la courbe tend généralement vers 0. Après cette description, il est donc possible de visualiser certaines périodes où les interventions du travail du sol se réalisent. Ensuite, sur la 2ème et la 4ème période (en rouge) (Figure 12) un travail du sol peut être visible. Alors que sur les autres périodes, les interventions du travail du sol sont plus compliquées à percevoir. Pour mieux visualiser ces résultats, un zoom a été réalisé sur la parcelle aw 114 sur les années 2019 et 2020.

### 5.1.2) [Représentation graphique de la parcelles viticole aw 114 \(zoom sur 2019 et 2020\)](#)

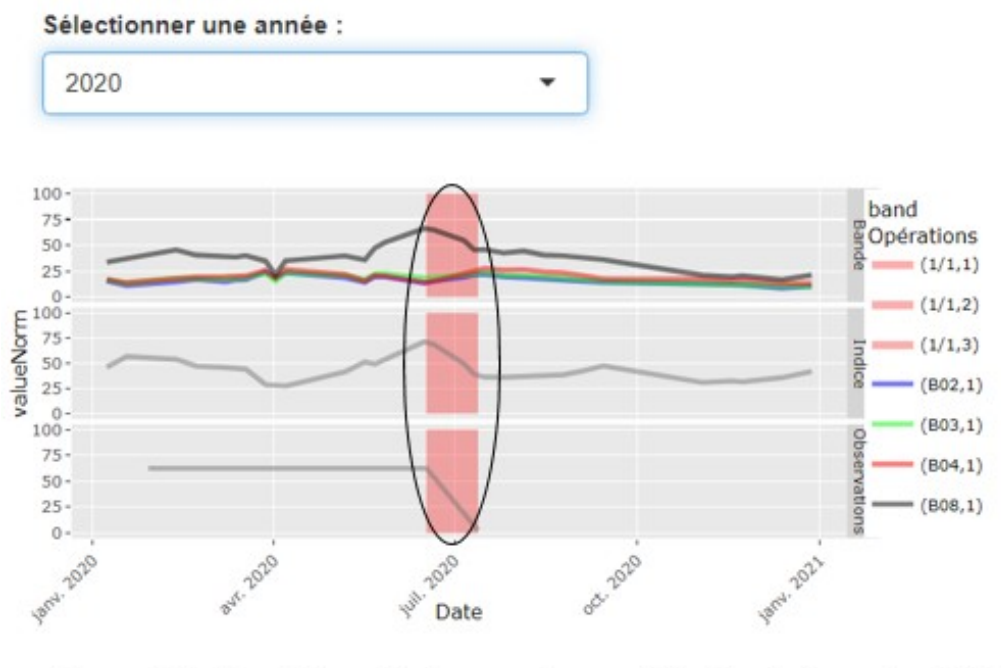
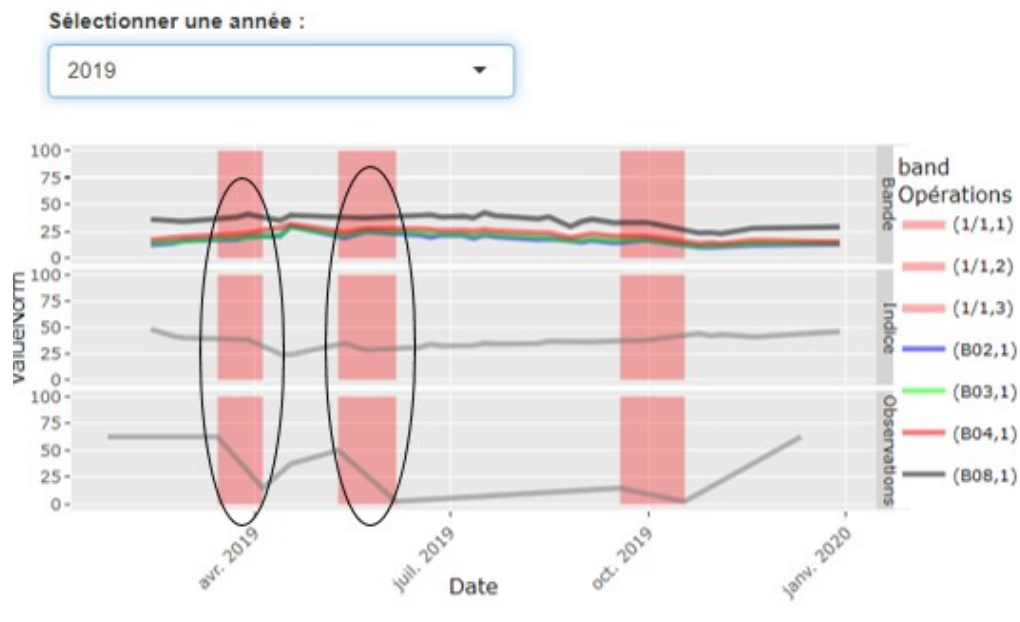


Figure 13-Graphique de la parcelle aw 114 (Roujan) année 2019.

Figure 14-Graphique de la parcelle aw 114 (Roujan) année 2020.

Ces deux graphiques représentent les séries temporelles, le NDVI et les observations de terrain en fonction du temps (mois/années). L'un des graphiques est zoomé sur l'année 2019, et l'autre sur l'année 2020 (Figure 13 et Figure 14). Durant l'année 2019, 3 périodes de travail du sol sont représentées. La première période date du mois d'avril 2019 (Figure 13). A cette période, il est possible d'observer une diminution du NDVI avec une chute de l'enherbement sur la courbe des observations. Sur le graphique des observations, la courbe commence à diminuer avec un taux d'enherbement de 100% et diminue jusqu'à 0%. Durant cette période, si un inter-rang possède un enherbement de 100% et après l'intervention d'un travail du sol il ne possède pas d'enherbement cela peut être différentiable car on part d'un taux d'enherbement important. La deuxième période date du mois de juin 2019 (Figure 13). Durant cette période, la courbe du NDVI diminue et est plus compliquée à être observée. Ici, l'intervention du travail du sol est réalisée sur un taux d'enherbement assez bas qui est de 50% et diminue jusqu'à 0% d'enherbement. Durant cette période, si un inter-rang possède un enherbement de 50% et après l'intervention d'un travail du sol il ne possède aucun enherbement, cela peut être plus compliqué à être différencié car on part d'un enherbement plus bas. La troisième période (Figure 13) date du mois d'octobre 2019 et durant cette période, le NDVI augmente malgré l'intervention d'un travail du sol sur les inter-rangs de la parcelle. Ici, l'intervention du travail du sol est réalisée sur un taux d'enherbement très bas qui est de 25% et qui diminue jusqu'à 0%. Avec un taux d'enherbement aussi bas, il est difficile d'observer une différence entre un inter-rang enherbé et un inter-rang labouré. Pour finir, durant l'année 2020 (Figure 14), une seule période en rouge du travail du sol est représentée. Cette période date du mois de juillet. Sur ce graphique, les courbes du NDVI et des observations de terrains diminuent les unes par rapport aux autres. Cela montre qu'il y a bien eu une intervention du travail du sol. Cependant, d'autres interventions peuvent jouer sur cette diminution comme par exemple le rognage qui vise à supprimer la masse foliaire de la vigne. Généralement, durant le mois de juillet, la végétation de la vigne est à son maximum, c'est-à-dire que la masse foliaire de la vigne est à un stade où elle ne pousse plus. Cette densité de végétation capture donc tout le NDVI en ne laissant qu'un faible pourcentage pour l'enherbement. Donc, durant cette période il est



probable que le NDVI diminue avec une autre intervention malgré qu'il y ait un travail du sol mais cela ne reste que des suppositions.

## 5.2) Résultats d'un couple de parcelles arboricoles (filets insect-proof)

### 5.2.1) Représentation des profils spectraux (B06)

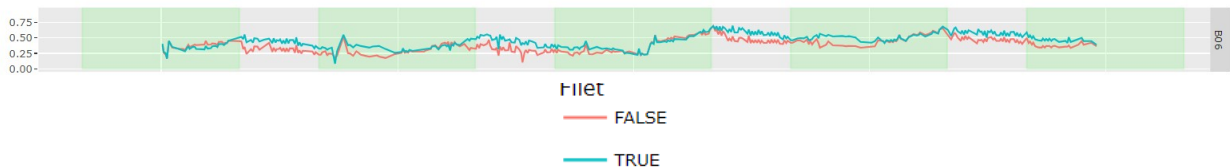


Figure 15-Profiles spectraux des parcelles avec et sans filets.

Sur la figure 15, différentes périodes connues sont représentées par des blocs verts et permettent d'identifier et de suivre le déroulé du déploiement des filets insect-proof au cours du temps. La courbe bleue représente la bande spectrale 6 des parcelles ayant un filet et en rouge la bande spectrale 6 des parcelles sans filet. Généralement, les filets sont déployés entre avril et octobre. Le reste du temps, ils ne sont pas déployés.

### 5.2.2) Représentation des Boxplots d'un couple de parcelle (avec et sans filet)

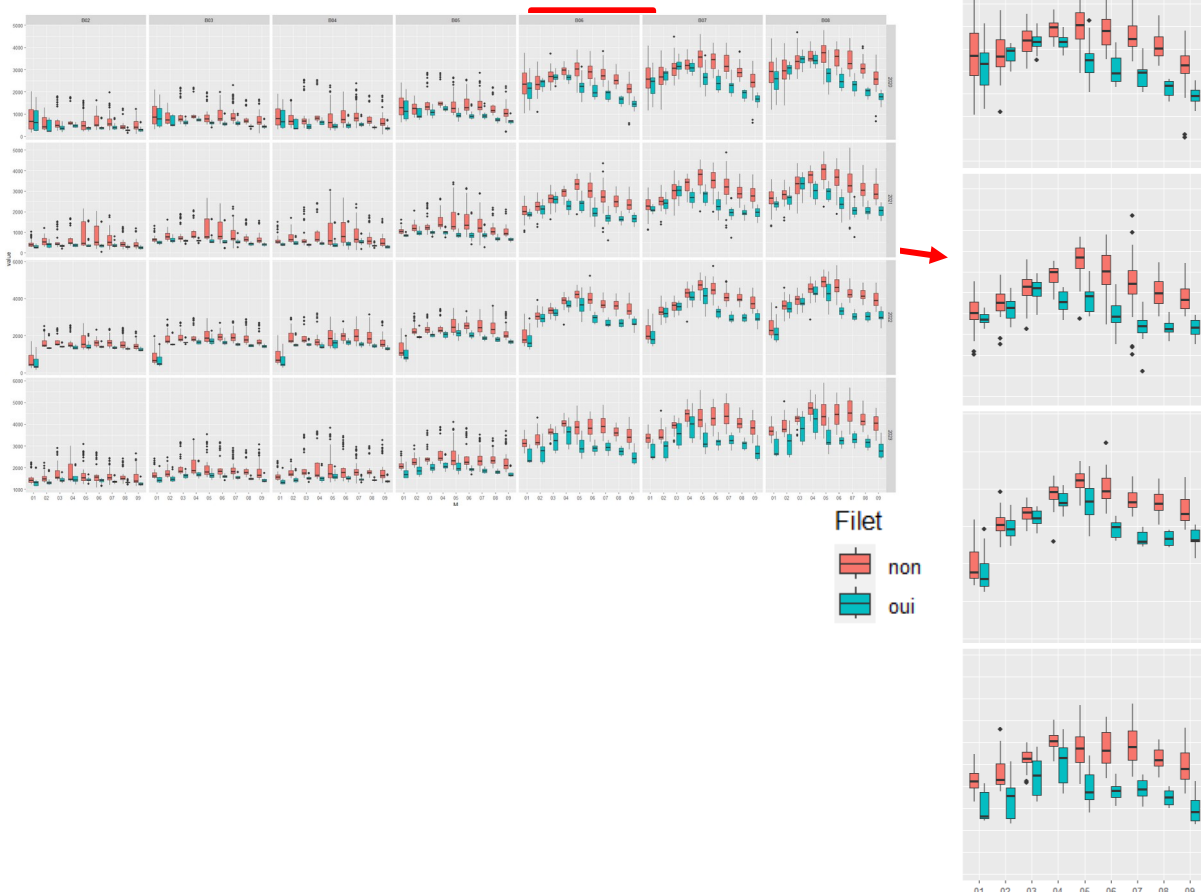


Figure 16-Graphique représentant les valeurs spectrales des Boxplots (avec et sans filet) en fonction du temps (/mois).

Sur la figure 16, les boxplots en rouge représentent les parcelles sans filet et les boxplots en bleu représentent les parcelles avec filet. Du mois de janvier jusqu'au mois d'avril, les boxplots sont similaires. Cela veut dire qu'il est impossible d'observer une différence entre les parcelles avec et sans filets afin d'identifier la présence d'un filet. A partir du mois d'avril et cela jusqu'au mois d'octobre, les boxplot subissent un décrochage. Ce décrochage signifie que certaines parcelles sont recouvertes d'un filet. Avec ce décrochage, il est donc possible d'identifier la présence ou l'absence de filets.

## 6. Discussions

### 6.1) Parcelles viticoles de Roujan

La zone d'étude de Roujan regroupe essentiellement des parcelles viticoles. Le travail qui est réalisé s'effectue à l'échelle de la parcelle. L'objectif est de savoir s'il est possible d'identifier et de suivre une des interventions de l'ITK liées à la viticulture. Pour cela des images satellites Sentinel-2 sont utilisées et comportent une résolution spatiale de 10 mètres. Cette résolution spatiale n'est pas forcément adaptée à l'objet que l'on étudie, c'est-à-dire l'enherbement des inter-rangs. Isolé au sein d'un seul pixel d'une image satellitaire, l'enherbement des inter-rangs est difficilement observable. Avec l'utilisation de toutes ces images satellites, cela a permis d'obtenir des séries temporelles qui ont servi à calculer le NDVI des parcelles viticoles. Avec le NDVI de l'enherbement des inter-rangs mélangé au NDVI de la masse foliaire de la vigne, il est donc compliqué d'obtenir des résultats satisfaisants.

Sur une année culturale, il existe deux périodes où l'on peut réussir à identifier l'absence ou la présence d'un éventuel enherbement. Pour commencer, la première période est du mois de décembre jusqu'à mars. Durant cette période, il est possible d'identifier les inter-rangs enherbés ou labourés car la végétation de la vigne est à son plus bas. Dans le cas contraire, durant la période estivale débutant au mois d'avril jusqu'au mois d'août, l'observation d'un travail du sol sur les inter-rangs peut-être moins visible à cause de la densité de végétation de la vigne. A cette période il est difficile d'attribuer un changement du NDVI avec un changement d'enherbement parce que la masse foliaire de la vigne est à son maximum. Elle récupère tout le NDVI. Durant cette période l'identification de la présence ou de l'absence d'un enherbement sur les inter-rangs peut-être compliqué à observer.

## 6.2) Parcelles arboricoles de la Basse Vallée de la Durance

### 6.2.1) Les profils spectraux

Avec les résultats obtenus, si aucun filet n'est déployé sur les parcelles, cela veut dire que les cultures évoluent dans le même environnement. Le couple de parcelles reçoit la même quantité de lumière, donc les profils spectraux doivent être similaires. Sur la figure 15 il y a quelques similarités mais malheureusement les profils spectraux ne se superposent pas. Cela veut dire que le déploiement des filets n'est pas observable avec les images Sentinel-2 au cours des mois de janvier jusqu'à mars. Au contraire, si les filets sont déployés, un écart est visible entre les deux profils spectraux. Cela s'explique par le fait que les cultures n'évoluent pas dans le même environnement. Les parcelles n'ayant pas de filets permettent aux cultures d'évoluer avec l'air ambiant et avec une température normale. Les parcelles ayant des filets permettent aux cultures d'évoluer dans un autre environnement. Avec les filets, un microclimat plus chaud se crée, cela impacte donc la croissance des cultures et de la végétation.

### 6.2.2) Les Boxplots

Comme expliqué précédemment dans le 6.2.1, lorsqu'il n'y a aucun filet de déployé sur les parcelles, il y a une légère similarité entre les boxplots avec un filet et les boxplot sans filets entre le mois de janvier et le mois d'avril. Dans le cas contraire, lorsque les filets sont déployés, il y a un écart entre les Boxplots entre le mois d'avril et le mois d'octobre.

L'objectif est de savoir s'il est possible d'identifier sur les images Sentinel-2 la présence ou l'absence des filets insect-proof. Pour cela, si on se place sur un pixel de l'image Sentinel-2 à une date connue entre janvier et Avril (rond rouge sur la figure 17), il est impossible de savoir si le filet est déployé car les médianes des Boxplots sont similaires, elles sont situées au même niveau. Dans ce cas, il est difficile d'observer si un filet est déployé ou pas. Par contre, si on se place sur un autre pixel de l'image Sentinel-2 sur une période connue (rond rouge sur la figure 18), les boîtes à moustache comportant chacune une médiane subissent un écart

important. A cette période, il est donc possible d'identifier une différence entre les parcelles avec et sans filet.

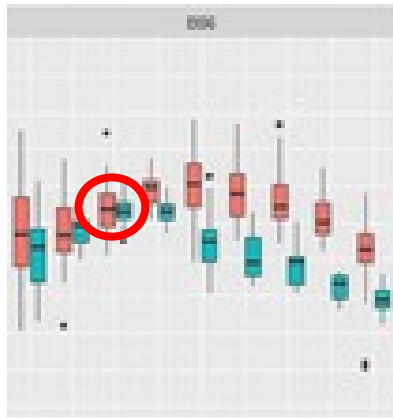
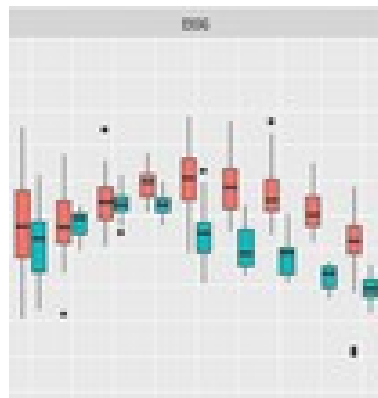


Figure 17-Capture d'écran de l'application Shiny représentant la similarité des



médianes entre les Boxplots avec et sans filets.

Figure 18-Capture d'écran de l'application Shiny représentant l'écart des médiane entre les Boxplots avec et sans filets.

### 6.3) Problèmes rencontrés



Au cours de ce stage, j'ai rencontré un problème lors de l'affichage des résultats sur la zone d'étude de la Basse Vallée de la Durance. Au départ, les données utilisées ont été visualisées sur QGIS. Celles-ci comportaient trop d'attributs. Les informations sur la présence ou l'absence des filets n'étaient pas très visibles. Pour cela, l'INRAE (Institut national de la recherche agronomique) d'Avignon a envoyé une nouvelle couche avec la totalité des parcelles du site de la Basse Vallée de la

Durance avec et sans filet. Cette nouvelle couche comportait moins de données que la première. Avec cette donnée il était donc plus simple de représenter les graphiques et d'avoir des résultats satisfaisants.

## Conclusion et perspectives

Durant ce stage, ma mission était d'évaluer le potentiel des chroniques temporelles d'images Sentinel-2 pour identifier et suivre les ITK des cultures pérennes. L'analyse s'est réalisée sur l'utilisation de données satellites, de dates d'interventions connues sur le travail du sol, et des dates sur le déploiement des filets insect-proof.

L'état de l'art a permis de cerner les mots clés de cette étude tels que l'enherbement et les ITK appartenant à la vigne et à l'arboriculture. Plusieurs scripts ont été développés pour préparer et agréger les images Sentinel-2, pour visualiser et sélectionner celles sans nuages et de représenter les profils temporels sur les parcelles viticoles de Roujan. Pour la Basse Vallée de la Durance, une application Shiny a permis de représenter les profils spectraux des différentes bandes spectrales associés au déploiement des filets insect-proof, tandis qu'une analyse statistique par boxplots a révélé des résultats encourageant sur la bande B6.

L'analyse des chroniques temporelles montre qu'il est possible de suivre les ITK des cultures pérennes avec Sentinel-2. Sur les parcelles viticoles, les périodes de travail du sol sont identifiables avec une diminution du NDVI, tandis que pour les parcelles arboricoles, la présence ou l'absence de filets insect-proof est observable à certaines périodes de l'année.

Les perspectives de ce stage de recherche pourraient se réaliser avec une approche statistique plus détaillée en mobilisant la totalité des parcelles viticoles et arboricoles sur les deux zones d'études et en allant plus dans le détail dans chaque situation (présence ou absence d'un enherbement ou d'un filet). Cela pourrait servir d'un côté à analyser plus finement la relation entre l'état de l'enherbement des parcelles viticoles et des parcelles arboricoles en fonction de la valeur de leur NDVI. L'objectif étant de s'assurer d'obtenir un rapport et une qualité bruit-signal suffisant permettant aux algorithmes d'une éventuelle classification automatique afin de mieux distinguer les différentes classes d'objets (enherbement ou filet) sur les images satellites.

## Références bibliographiques

Andrieux, P., Le Bissonnais, Y., Trambouze, W., et al. Erosion as affected by agricultural practices in the Mediterranean Vineyard. In : Geophysical Research Abstracts. 2007. p. 08162.

Baret, F., Clevers, J. et Steven, M. D. (1995). The robustness of canopy gap fraction estimations from red and near-infrared reflectances: A comparison of approaches. *Remote Sensing of Environment*, 54(2): 141-151.

Bloesch, B. & Viret, O. (Revue Suisse - Station de recherche agroscope Changins-Wädenswil ACW) (2008): Stades phénologiques de repère de la vigne.

Campbell, C. (2017). Get More From Your NDVI Sensor (Part 2). *Environmental Biophysics*.

Celette, Florian, Gaudin, Rémi, Gary et Christian. Spatial and temporal changes to the water regime of a Mediterranean vineyard due to the adoption of cover cropping. *European Journal of Agronomy*, 2008, vol. 29, no 4, p. 153-162.

CETAB+, N. Gagnon Lupien & C. Beaulieu, Utilisation de filets d'exclusion des insectes en verger de pommiers, 2022.

CIRAD-GRET. (2002). Mémento de l'agronome, Ministère Français des Affaires Etrangères, 5ème éd. 1691 p.

Copernicus, ESA, S2 Mission, 2015.

Corti, G., Agnelli, A., Cavallo, E., et al. Evaluation of erosion intensity and some of its consequences in vineyards from two hilly environments under a Mediterranean type of climate, Italy. INTECH Open Access Publisher, 2011.

Coulouma G., Boizard H., Trotoux G. (2006). Effect of deep tillage for vineyard establishment on soil structure: A case study in Southern France.

Denizot, A. M. (2009). Les stades phénologiques de la vigne. Institut Français de la Vigne et du Vin.

Dusseux P., Elise M., Thomas G., Launay F., Airiaud A., et al. (2022). HERDECT, Utilisation des données satellites Sentinel-2 pour quantifier la production d'herbe. *Innovations Agronomiques*.

Freeman, Stanley, José Carlos Franco. *Phytoparasitica*, 1973.

Frey et al., (2016). Analyse des pratiques d'enherbement des viticulteurs et formalisation des règles de décision utilisées pour le pilotage : Enquêtes dans l'Aude, le Gard, l'Hérault et les Pyrénées Orientales. *Sciences agricoles*.



Gaetano. (2018). Le programme Copernicus et la mission Sentinel-2. Source de l'image.

Robin M. (2002). Télédétection : Des satellites aux SIG, Paris : Nathan, 2e édition, 318 pages.

Schreck E. (2008). Influence des modes d'entretien du sol en milieu viticole sur le transfert des pesticides vers les eaux d'infiltration - Impact sur les lombriciens. Ecologie, Environnement. Université Paul Sabatier - Toulouse III.

Verstraete, M. M. et Pinty, B. (1991). The potential contribution of satellite remote sensing to the understanding of arid lands processes. Vegetation, 91: 59-72.

ZUAZO, Durán V. ,PLEGUEZUELO, Rocío Rodríguez C. (2008). Soil-erosion and runoff, prevention by plant covers. A review. Agronomy for sustainable development, vol. 28, no 1, p. 65-86.

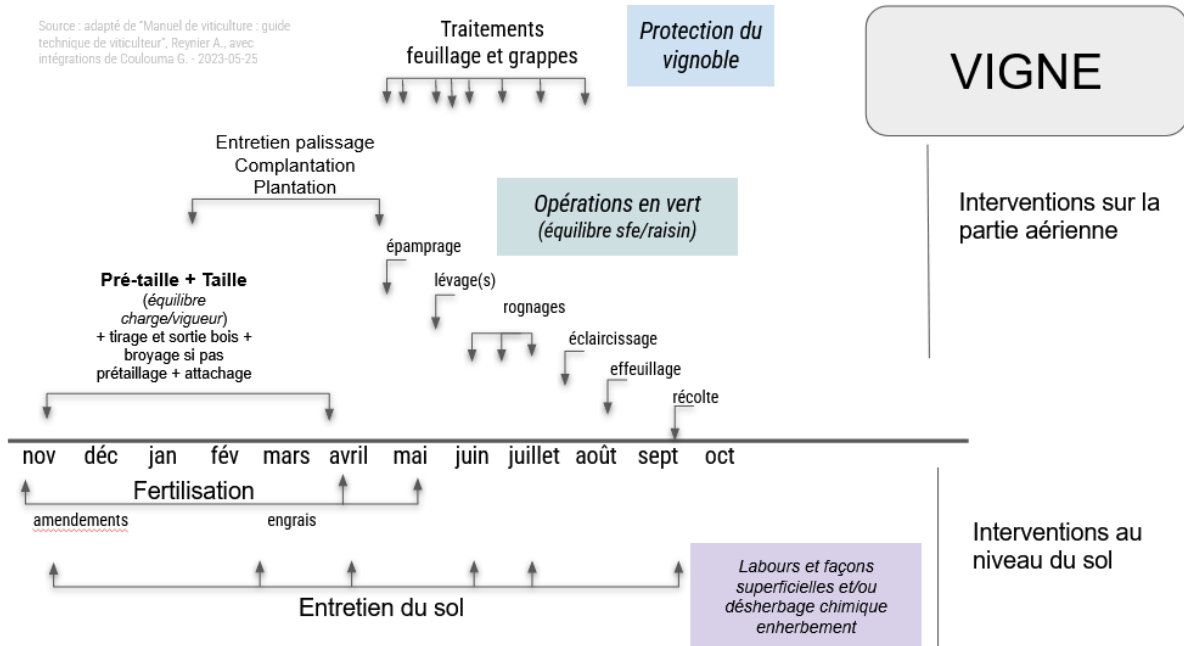
## Annexes

Annexe 1 - Manuel de viticulture : guide technique de viticulteur ITK de la vigne (Reynier et al., 2023).....	40
Annexe 2 - Calendrier des stades phénologiques et des interventions de la vigne (Source viticabrol.fr).....	41
Annexe 3 - ITK en arboriculture sur des vergers (Source : Bertrand Gauffre).....	42
Annexe 4 - Principales étapes du script - "Préparation des données.".....	43

Annexe 5 - Principales étapes de construction du script-”Analyse des rasters”.....44  
Annexe 6 - Principales étapes de construction du script - “Dynamique spectrale”...45

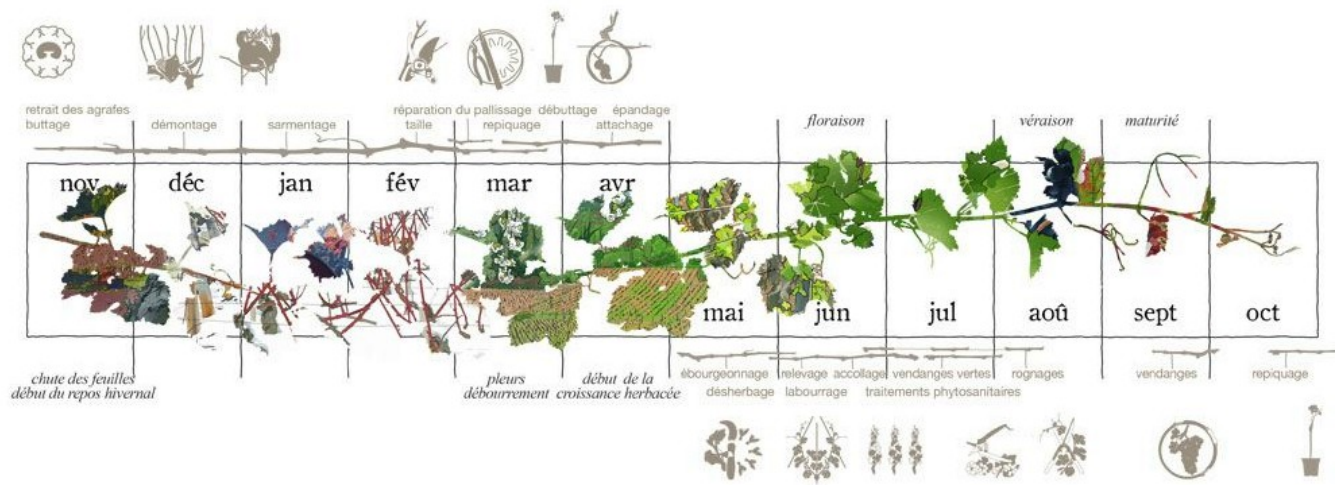
## **Annexe 1**

Source : adapté de "Manuel de viticulture : guide technique de viticulteur", Reynier A., avec intégrations de Coulouma G. - 2023-05-25



Manuel de viticulture : guide technique de viticulteur ITK de la vigne (Reynier et al., 2023).

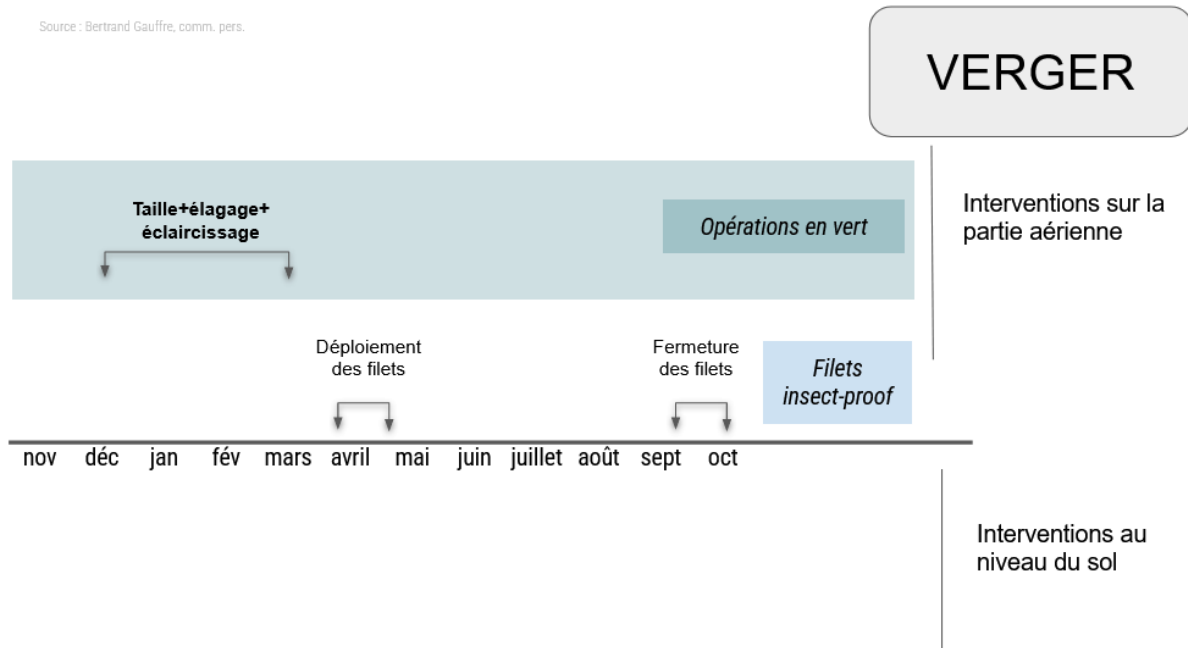
## Annexe 2



Calendrier des stades phénologiques et des interventions de la vigne (Source viticabrol.fr).

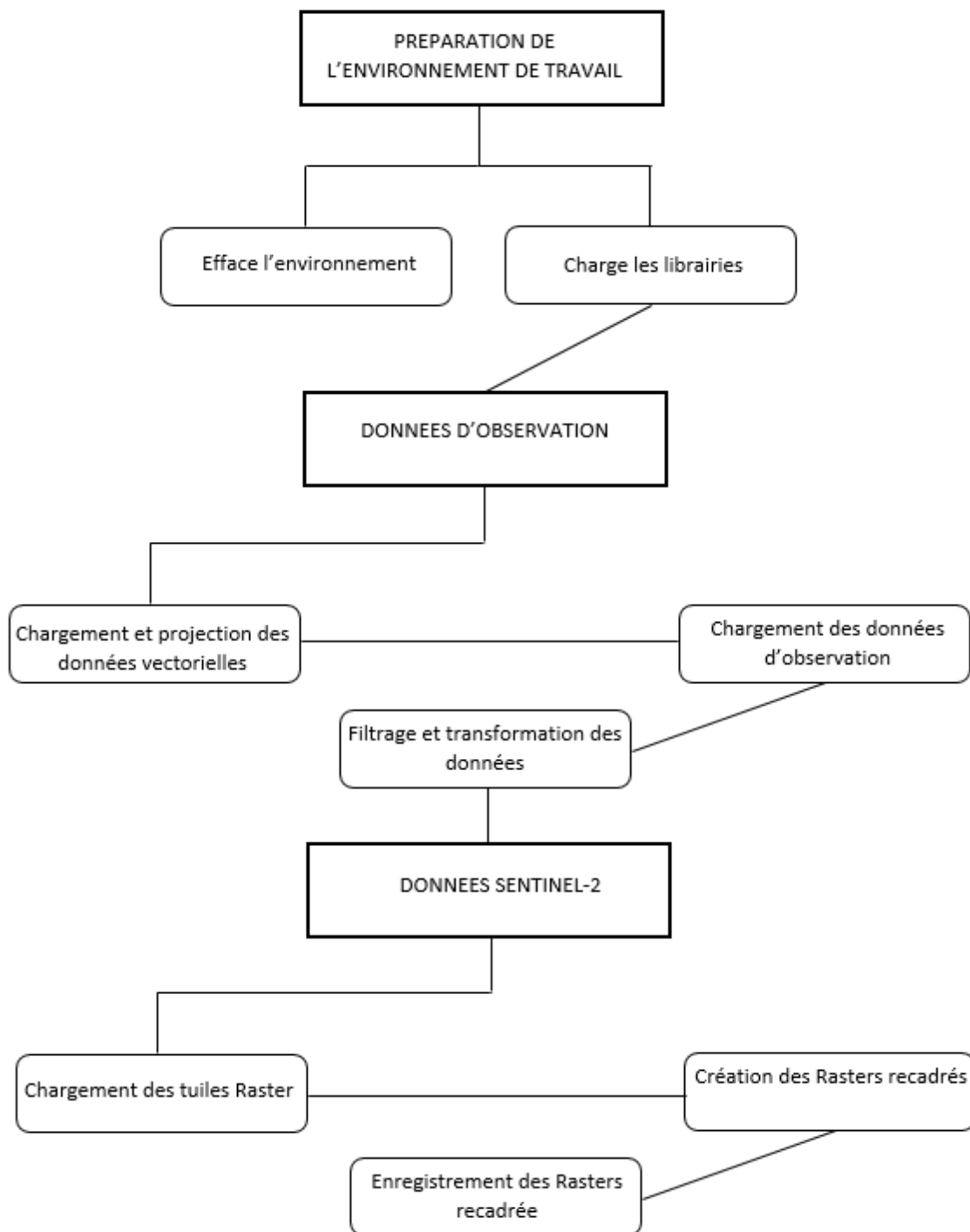
**Annexe 3**

Source : Bertrand Gauffre, comm. pers.



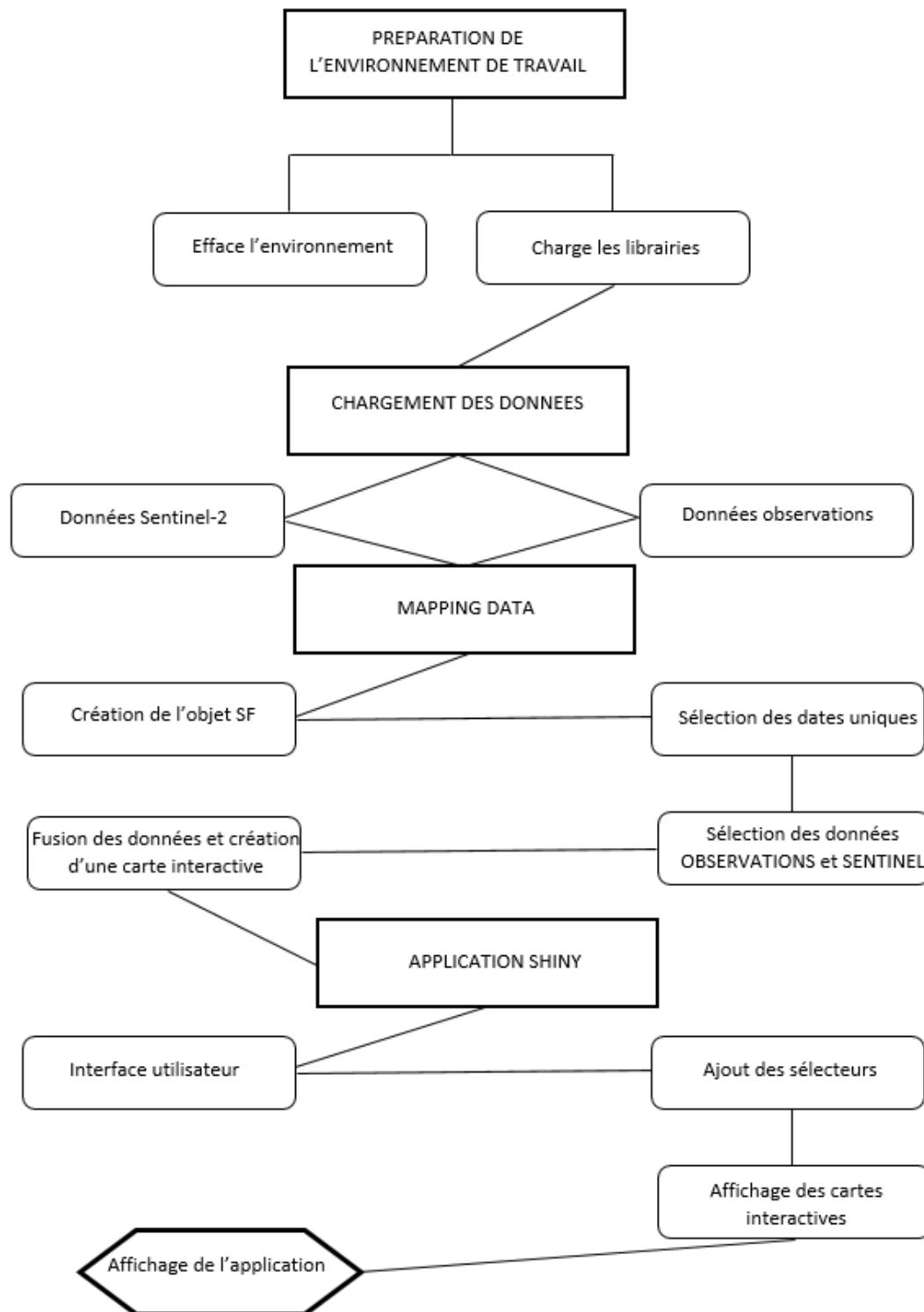
ITK en arboriculture sur des vergers (Source : Bertrand Gauffre).

## Annexe 4



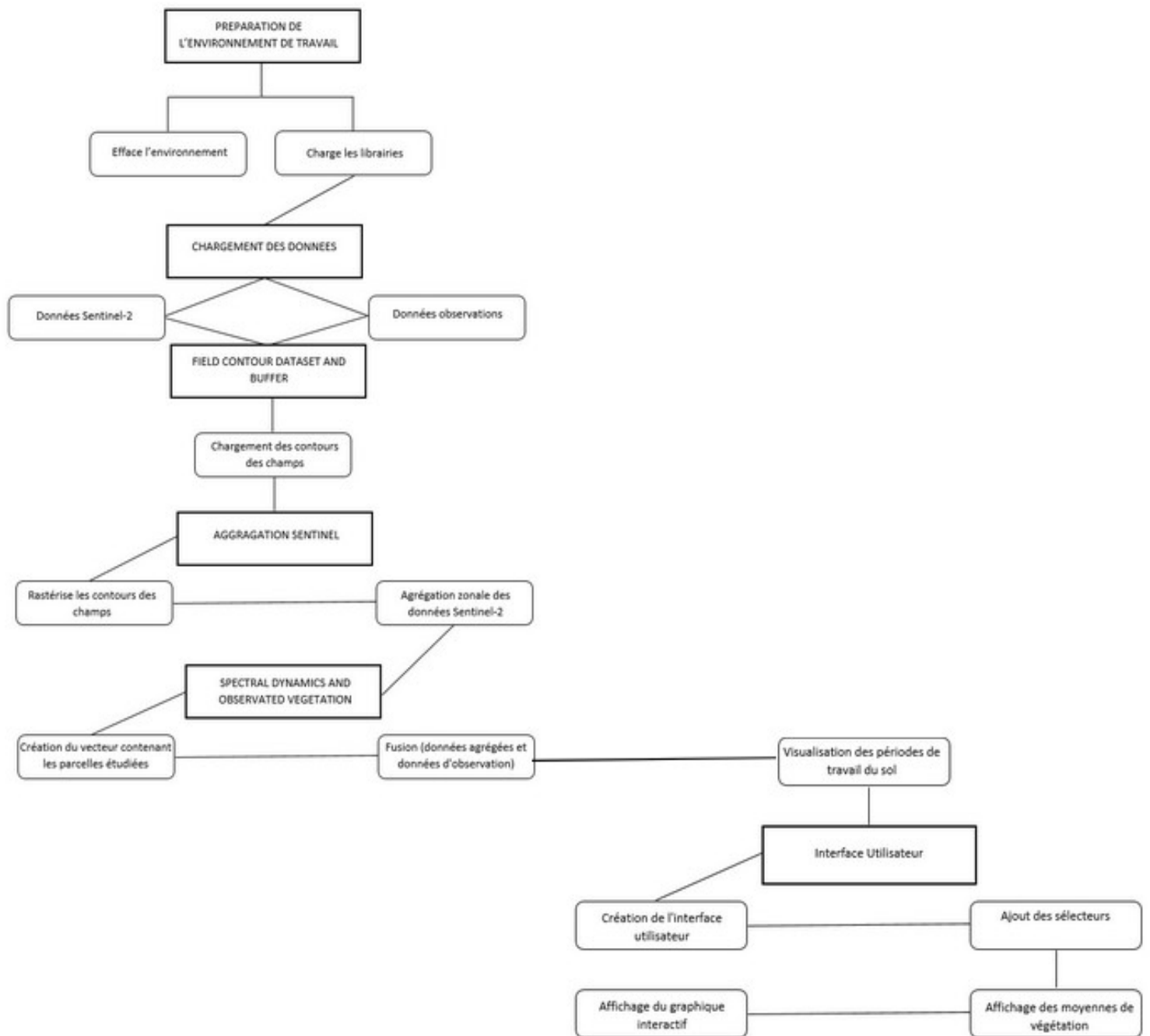
Principales étapes du script - "Préparation des données."

## Annexe 5



Principales étapes de construction du script-"Analyse des rasters".

## Annexe 6



Principales étapes de construction du script - "Dynamique spectrale".



## Résumé

Ce mémoire s'inscrit dans un programme de recherche sur la potentialité des séries temporelles Sentinel-2 pour identifier et suivre les itinéraires techniques (ITK) des cultures pérennes. Avec l'aide de différentes données telles que des images satellites Sentinel-2, les séries temporelles, les dates connues sur les interventions du travail du sol et sur le déploiement des filets anti-insectes, et en utilisant le NDVI, l'objectif est de savoir s'il est possible ou pas d'identifier et de suivre ces différentes interventions liées aux ITK des cultures pérennes étudiées. Les diverses tâches réalisées lors de ce stage comprennent la création et l'utilisation de divers script R réalisé sous Rstudio, puis la visualisation de diverses données sous QGIS et l'analyse des résultats. Concernant les résultats obtenus, certains d'entre eux paraissent plus complexes que d'autres comme ceux des parcelles viticoles de Roujan. En revanche, les résultats de la zone d'étude de la Basse Vallée de la Durance sont quant à eux très encourageants et seront très probablement utilisés dans une classification automatique dans la continuité de ce projet pour distinguer les différentes classes des éléments étudiés.

Mots clés : Sentinel-2, chroniques temporelles, ITK (Itinéraires techniques agricoles), cultures pérennes, NDVI, travail du sol, filets insect-proof, classification automatique.

## Abstract

This paper is part of a research program on the potential of Sentinel-2 time series to identify and monitor technical paths (ITK) for perennial crops. With the help of various data such as Sentinel-2 satellite images, time series, known dates on tillage interventions and on the deployment of insect-proof nets, and by using NDVI, the aim is to find out whether it is possible to identify and monitor these different interventions related to the ITKs of the perennial crops studied. The various tasks carried out during this internship include the creation and use of various R scripts produced in Rstudio, then the visualization of various data in QGIS and the analysis of the results. Regarding the results obtained, some of them appear to be more complex than others, such as those from the vineyards in Roujan. On the other hand, the results from the study area of the Basse Vallée de la Durance, are very encouraging and will most likely be used in an automatic classification in the continuation of this project to distinguish the different classes of elements studied.

Keywords : Sentinel-2, time series, ITK (Itinéraires techniques agricoles), perennial crops, NDVI, tillage, insect-proof nets, automatic classification.