# Projet de télédétection 2018

## Artificialisation des sols

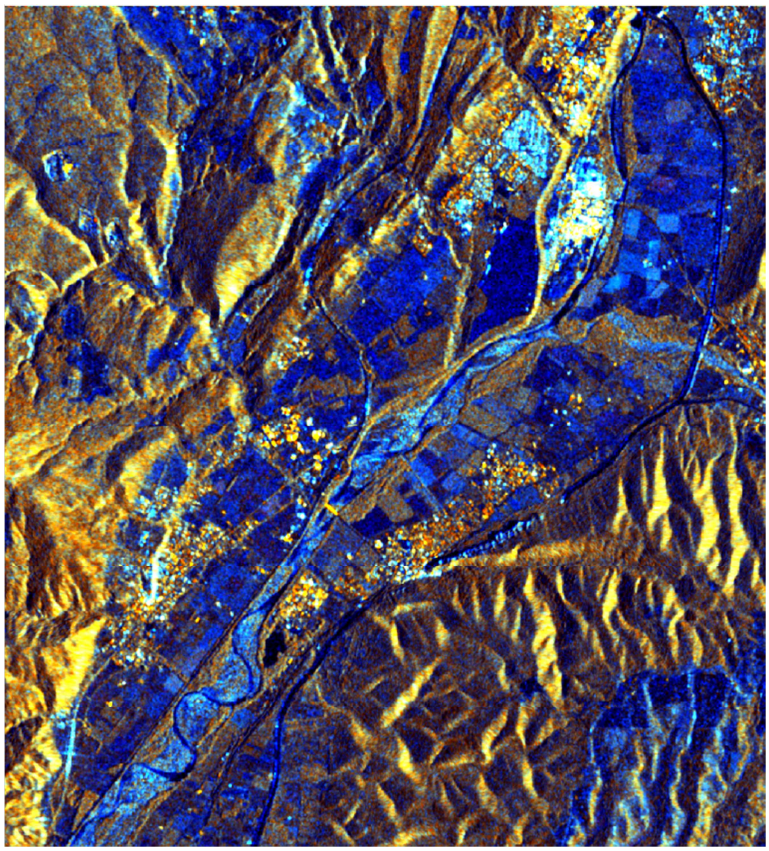


Figure 1: Image radar du satellite Sentinel 1

ECOLE NATIONALE DES SCIENCES GEOGRAPHIQUES

25 juillet 2018

Créé par : Manon PAYOUX, Hugo SENGES, Zacharie AOULAD, Geoffroy MASSARD, Amandine BAROU

# Projet de télédétection 2018

Artificialisation des sols

## Contenu


I. OBJECTIF : ..... 2
II. ENJEUX: ..... 2
2.1 ENJEU ENVIRONNEMENTAL : ..... 2
2.2 ENJEU DE PRODUCTION : ..... 2
2.3 ENJEU EUROPEEN : ..... 2
III. PROBLEMATIQUES ..... 4
IV. INTRODUCTION ..... 4
V. GESTION DES DONNEES ..... 6
4.1 TRAVAIL PARTICULIER SUR LES DONNEES SENTINEL1-RADAR : ..... 7
VI. CHOIX DE L'EMPRISE ET PRESENTATION DES PARTICULARITES DE CHAQUE ZONE ..... 7
VII. NOMENCLATURE ..... 9
6.1 OCCUPATION DU SOL – NOMENCLATURES EXISTANTES ..... 9
6.1.1 IGN OCS –GE ..... 9
6.1.2 CORINE LAND COVER ..... 10
6.1.3 OSO ..... 11
6.2 AJOUT D'UN CINQUIEME NIVEAU DANS LA NOMENCLATURE OCS - GE POUR LE PROJET ..... 11
VIII. CONSTITUTION D'UNE VERITE TERRAIN - SEGMENTATION ..... 12
IX. APPROCHES EXPLORATOIRES ..... 12
X. RECHERCHE D'ATTRIBUTS DISCRIMINANTS ..... 16
XI. CLASSIFICATION AUTOMATISEE ET PISTES D'AMELIORATION ..... 16
XII. ANALYSE DES RESULTATS ..... 17
XIII. REALISATION D'UN PIXEL ARTIFICIEL ..... 18
XIV. ORGANISATION ..... 20
XV. CONCLUSION ..... 20
XVI. ANNEXES ..... 20

*La télédétection, discipline en perpétuelle évolution, se confronte à de nombreuses difficultés dès lors qu'il s'agit d'approcher la vérité avec une résolution spatiale et temporelle ou une diversité de classes importante. Cela s'avère particulièrement vrai à-propos des sols nus qui constituent un domaine ardu de la discipline. C'est dans ce cadre que ce projet s'inscrit, tentant de donner des pistes exploratoires propres à atteindre des méthodes efficientes de classification.*

## Sujet :

« Artificialisation des sols :
Quelles combinaisons d'attributs répondent au mieux à la différenciation des différents types de surfaces ? »

# I. Objectif :

Détecter l'artificialisation et la variété des sols à partir de différentes sources de données : Light Detection And Ranging(LIDAR), images satellites optiques, RAdio Detection And Ranging (RADAR), MNT et MNS.
Pour cela, il faudra réaliser, par télédétection, des segmentations et des classifications combinant les attributs des images permettant de détecter les différents types de surfaces. Le but est de réaliser une production automatisée de cartographie d'occupation des sols. Par automatisation, il faut comprendre l'utilisation d'algorithmes sur les images et la généralisation de la procédure à d'autres emprises.

# II. Enjeux:

## 2.1 Enjeu environnemental :

L'artificialisation du sol est la perte des qualités qui sont celles d'un milieu naturel à cause de l'anthropisation du milieu:

- sa naturalité, qualité qui inclut une capacité autoentretenue à abriter une certaine biodiversité,
- ses cycles naturels (cycles du carbone, de l'azote, de l'eau, de l'oxygène…)
- ses qualités biogéochimiques (puits de carbone par exemple).

Il est donc primordial de superviser la progression de l'artificialisation du sol afin d'éviter des dégradations irréversibles sur la biodiversité, l'appauvrissement des terres arables laissées à nues et de contrôler les dynamiques hydrologiques de surface et sous-terraine (ruissellement).

## 2.2 Enjeu de production :

L'IGN (Institut Nationale de l'information Géographique et forestière) produit une donnée d'occupation du sol intitulée IGN-Ge (Grande Échelle) mise à jour tous les trois ans. Malheureusement ce cycle de production est trop long face à l'urgence environnementale, les différents types de sols changeant très régulièrement avec le temps. Véronique PERRAIRA et Raphael HÉNO travaillent à l'IGN sur l'utilisation de la télédétection dans l'automatisation des traitements de données afin de produire une donnée d'occupation du sol plus rapidement. Le projet « Artificialisation des sols » des ingénieurs 1ère année a donc aussi pour objectif d'aider à l'élaboration d'un protocole pour détecter les sols nus naturels ou anthropisés.

## 2.3 Enjeu européen :

Ce projet, ainsi que les recherches de Mme PERRAIRA et Mme HENO de l'IGN serviront de démonstrateur dans le cadre d'un des volets du programme européen Copernicus. L'Europe veut en effet se doter d'une capacité

autonome d'observation et de surveillance de la Terre. Pour cela, l'Union européenne et l'Agence spatiale européenne ont lancé en 2001 l'initiative européenne de surveillance globale pour l'environnement et la sécurité dite *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES), devenu Copernicus en 2012. Ce programme rassemble l'ensemble des données obtenues à partir de satellites environnementaux et d'instruments de mesure sur site, afin de produire une vue globale et complète de l'état de notre planète. L'IGN souhaite y présenter ses avancées.

## III. Problématiques

Pour répondre à toutes les questions que soulèvent ces enjeux notre groupe s'est penché en premier sur la manière de différencier par toutes les méthodes possibles les différentes types d'occupation des sols nus. Pourtant cela ne constituait pas un cadre de travail efficient car trop vague. Nous avons donc décidé de nous concentrer avant tout sur le développement de méthodes précises qui augmentaient suffisamment la précision des classifications pour être retenues comme efficaces. Nous nous concentrerons donc ici sur l'intitulé suivant :

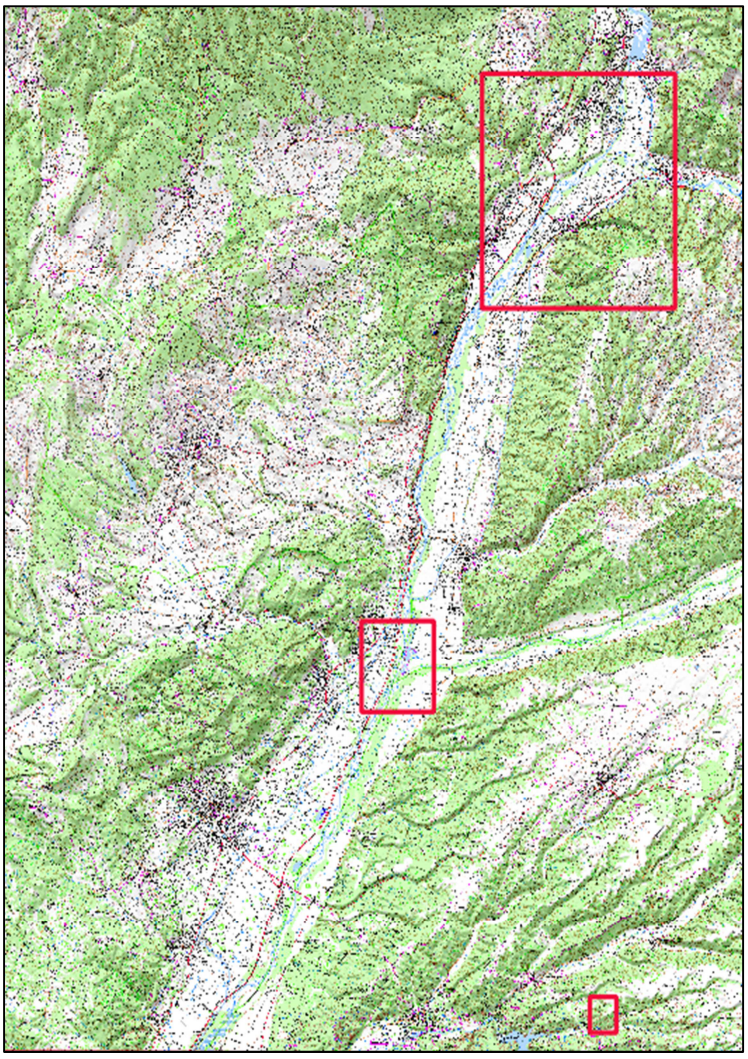
<u>Quelles méthodes pouvons-nous développer pour gagner en précision quant à la classification des sols nus vis-à-vis des méthodes « naïves » ? :</u>

Objectif : Automatiser la détection des différents types de sols

- Objectif 1 : Séparer végétation / non végétation (sols nus)
- Objectif 2 : Repérer les différents type de sols nus
- Objectif 3 : Quels attributs discriminants utiliser ?
- Objectif 4 : Quelle méthode de classification utiliser ? Au pixel ou au segment ?
- Objectif 5 : Dans quelle mesure la segmentation influe sur le résultat d'une classification par segment ?

## IV. Introduction

Ce projet a été réalisé en quatre étapes. Tout d'abord, l'étape de préparation où il a fallu déterminer une emprise d'étude au sein de laquelle trois zones de vérité terrain ont été choisies pour leurs spécificités.



Il a également fallu récupérer et exploiter toutes les données disponibles sur l'emprise de travail. Dans le même temps, il était intéressant de dresser un état de l'art, c'est-à-dire de faire le point sur ce qui existe déjà, ce qui a déjà été réalisé et comment. Cela a permis de dégager des pistes de travail et de réfléchir à une nomenclature adaptée pour le projet.

Ensuite vient l'étape d'acquisition terrain qui a servi à compléter le plus finement possible une première segmentation des images avec la vérité terrain. Cette vérité terrain a finalisé la nomenclature et permis d'enchaîner sur la troisième étape : la classification par segmentation ou la classification par pixel.

A partir des données et de méthodes de télédétection, chaque parcelle de sol nu a été identifiée et classée selon les attributs issus des sources de données mais aussi leurs primitives associées (des indices de végétation, des indices de texture, de cuirasse)…de manière à correspondre à plus de 95% à la vérité terrain.

Enfin une cartographie des résultats ainsi que des statistiques de qualification ont été produites afin de rendre compte de l'occupation du sol prédite.

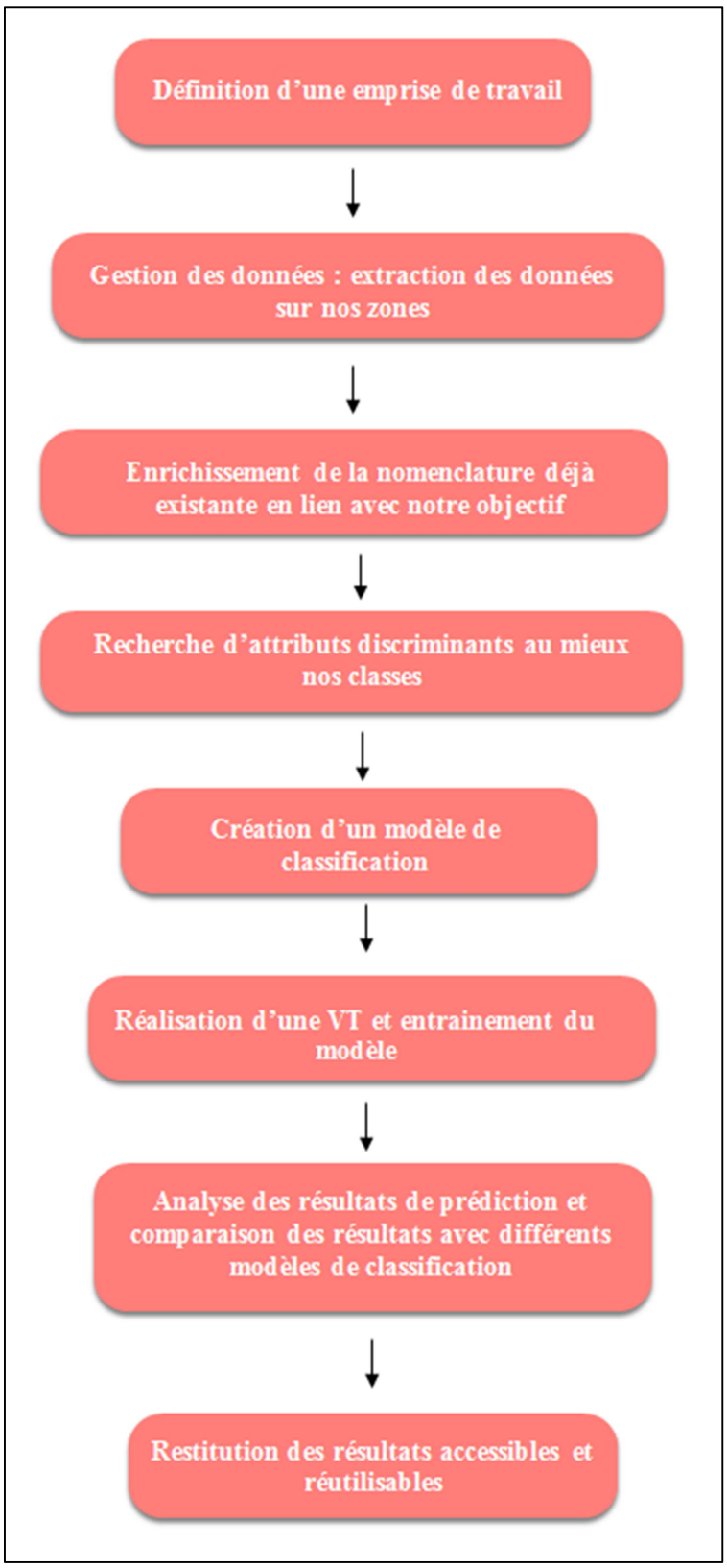



FIGURE 2 : ETAPES DU PROJET

# V. Gestion des données

Pour ce projet de télédétection, les données sources sont composées de LIDAR, d'images satellites optiques (RVB et Infrarouge) et RADAR, de série d'images (cartographiques) numériques géoréférencées (Scan25 de l'IGN) et de Modèles Numérique de Terrain et d'Elévation (MNT et MNE).

FIGURE 3: SATELLITE SPOT6

FIGURE 4 : ORTHO IRC

FIGURE 5 : SATELLITE SENTINEL2

Les données sources ont été choisies de manière à être les plus récentes possibles.
Ces données ont chacune leurs particularités : résolution spatiale et temporelle différentes, bandes d'acquisitions différentes…Ces caractéristiques sont résumées dans le tableau 1 en annexe.

FIGURE 6 : MNE

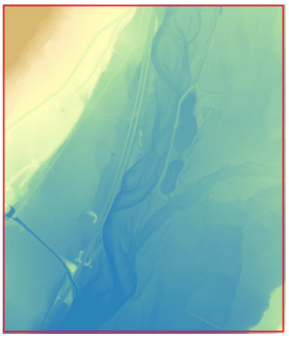


FIGURE 7 : MNT

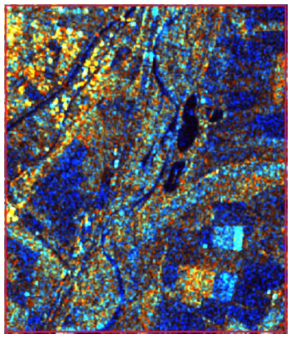


FIGURE 8: RADAR_SENTINEL1

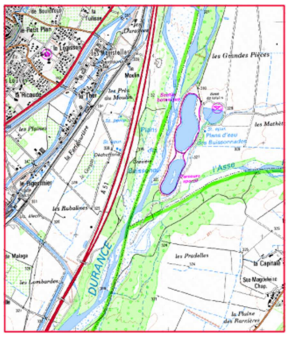



FIGURE 9 : SCAN25

De plus, chaque type de données doit être traitée de manière distincte avant d'aboutir à un certain résultat. Ici la base de travail attendue était des images géoréférencées au format .tif exploitable sous le système d'information géographique QGIS. Afin d'alléger les durées de traitements, chaque données sources a été découpée selon les emprises de vérité terrain. Toutes ces étapes sont récapitulées dans le tableau 2 « Process_data » en annexe.

## 4.1 Travail particulier sur les données Sentinel1-radar :

Les images radar sont intéressantes car elles montrent les variations de surface et les textures du sol. Elles sont a priori parfaites pour répondre à nos problématiques.
Malheureusement elles présentent un chatoiement qui rend difficile l'identification des objets ou parcelles sur le terrain. Afin d'affiner la résolution de celles-ci, il faut faire la moyenne temporelle (ou despeckle temporel) des images radar sur une année. Une attention particulière doit être portée sur une acquisition d'images similaires. Il faut que celles-ci viennent d'un même satellite (ici Sentinel1A), d'une même configuration (ici descendant), à la même heure (ici, 5H44 environ) de manière à avoir un chatoiement similaire. La moyenne temporelle permet d'homogénéiser les surfaces tout en conservant les contours. Les exemples ci-dessous illustrent l'amélioration de la résolution grâce à la moyenne temporelle. Il est cependant à noter que si l'image obtenue est intéressante par son caractère inter-temporel et par la qualité accrue de sa netteté, sa résolution, elle, en pâti.

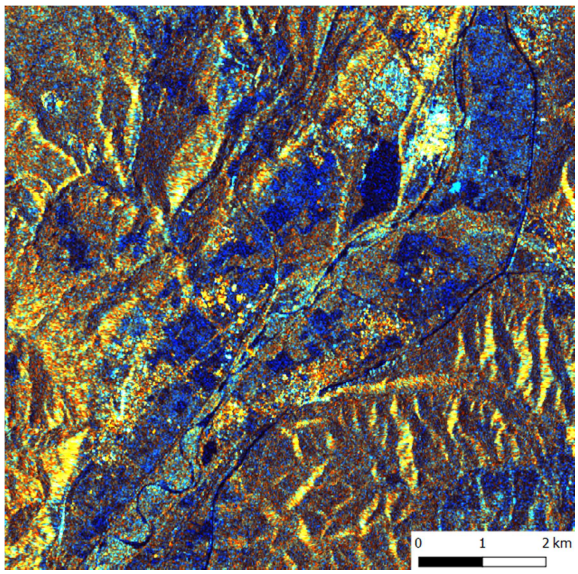


FIGURE 10 : IMAGE RADAR SENTINEL 1 RVB BRUTE

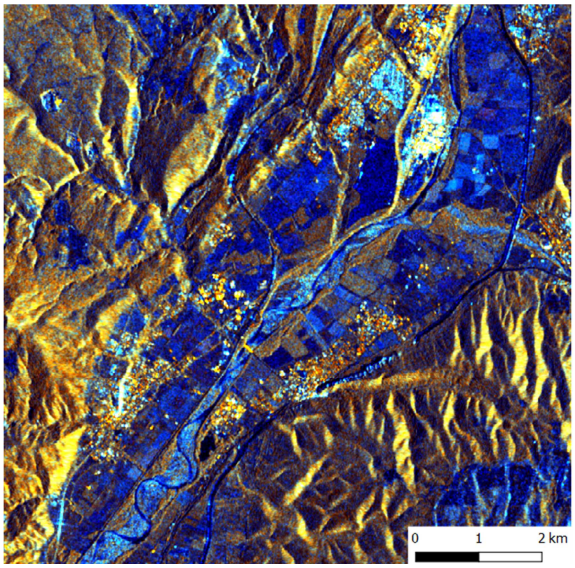


FIGURE 11 : IMAGE RADAR SENTINEL 1 MOYENNE TEMPORELLE

# VI. Choix de l'emprise et présentation des particularités de chaque zone

Trois zones de vérité terrain ont été choisies dans l'emprise générale:

- la zone des Buissonades,
- la zone des Mées,
- la zone du Marquis.

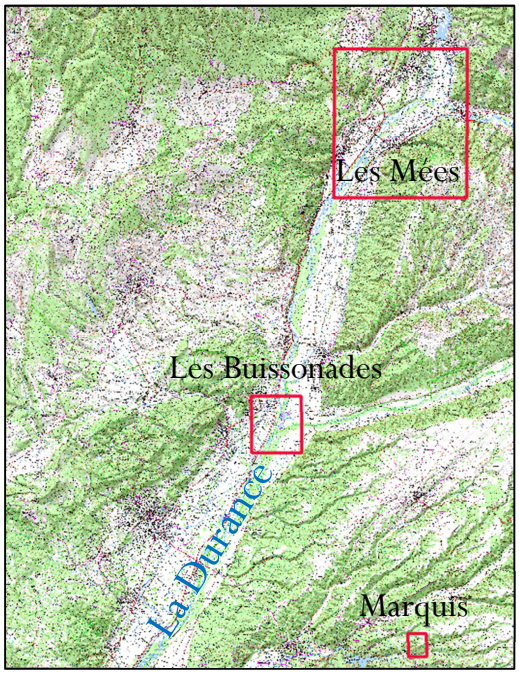


FIGURE 12 : EMPRISE GENERALE ET VERITES TERRAIN

FIGURE 13: LES BUISSONADES EN IMAGE SPOT6

La zone des Buissonades est intéressante car on y trouve du revêtement, du goudron, du gravier, des réseaux ferrés, des chemins de terre, une carrière, un chantier, mais surtout la présence de la Durance qui induit des enrochements, des plages artificielles ou non de galets et aussi une végétation clairsemée sur galets et limons.

Celle des Marquis est caractéristique grâce à la présence de terre caillouteuse, de gravier, de chemin de terre, de terre nue (rouge), de panneaux solaires mais aussi de végétation clairsemée sur brûlis.

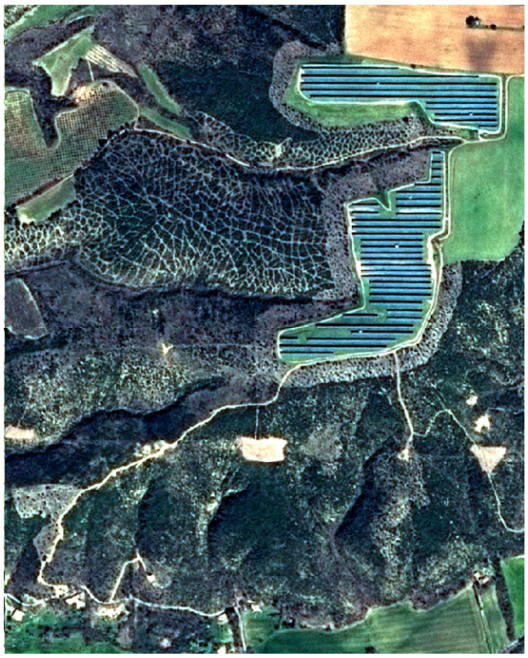


FIGURE 14 : LES MARQUIS EN IMAGE SPOT 6

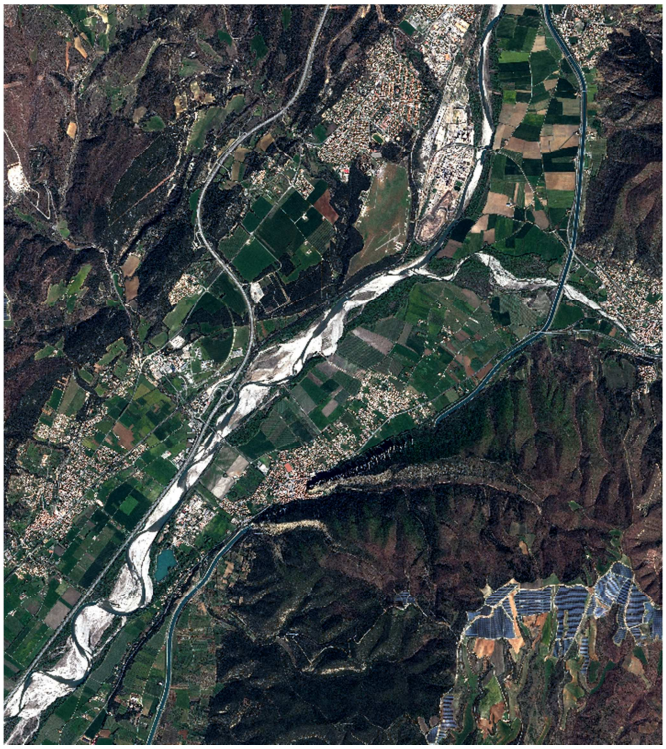


FIGURE 15 : LES MEES EN IMAGE SPOT 6

La zone des Mées est similaire à celles des Buissonades de par la présence de la Durance mais possède en plus le complexe industriel de Château-Arnoux – Saint-Auban. Elle était éligible au statut de zone où exécuter la mise à l'échelle du fait de sa taille et de la richesse qu'on y constatait en termes de surfaces observables (panneaux solaires, brulis, revêtement, zone industrielle…).

# VII. Nomenclature

## 6.1 Occupation du sol – Nomenclatures existantes

### 6.1.1 IGN OCS –Ge

Il s'agit des données d'occupation du sol produite par l'IGN, intitulées « Occupation du sol à grande échelle » (IGN OCS-GE).
La nomenclature de l'IGN OCS-GE est divisée en quatre niveaux hiérarchisés représentés dans les quatre lignes du tableau ci-dessous :

| Couverture du sol | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CS1. Sans végétation | | | | | CS2. Avec végétation | | | | | |
| CS1.1 Surfaces anthropisées | | CS1.2 Surfaces naturelles | | | CS2.1 Végétation ligneuse | | | CS2.2 Végétation non ligneuse | | |
| CS1.1.1 Zones imperméables | CS1.1.2 Zones perméables | CS1.2.1 Sols nus (sable, pierres meubles, rochers saillants…) | CS1.2.2 Surfaces d'eau (continen-tale et maritime) | CS1.2.3 Névés et glaciers | CS2.1.1 Formations arborées | CS2.1.2 Formations arbustives et sous-arbrisseaux (landes basses, formations arbustives, formations arbustives organisées…) | CS2.1.3 Autres formations ligneuses (vignes et autres lianes) | CS2.2.1 Formations herbacées (pelouses et prairies, terres arables, roselières…) | CS2.2.2 Autres formations non ligneuses (lichen, mousse, bananiers …) | |
| CS1.1.1.1 Zones bâties | CS1.1.1.2 Zones non bâties (routes, places, parking…) | CS1.2.1.1 Zones à matériaux minéraux (pierre-terre - voies ferrées, pistes forestières, chemins empierrés, chantiers, carrières, salines…) | CS1.2.1.2 Zones à autres matériaux composites (décharges) | | CS2.1.1.1 Formations de de feuillus | CS2.1.1.2 Formations de conifères | CS2.1.1.3 Formations de composition mixte | | | |

TABLEAU: NOMENCLATURE IGN OCS GE

Chaque code est détaillé avec des exemples précis et une représentation couleur.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| CS1.1.2.1 | Zones à matériaux minéraux | **Définition :**<br>Terrains stabilisés et compactés, partiellement ou totalement perméables, et recouverts de matériaux minéraux (pierres, terre, graviers…).<br>**Sélection :**<br>Cette classe est composée :<br>• de réseaux : voies ferrées (rails et ballast), les chemins empierrés, les pistes ou dessertes forestières, les pares feux non végétalisés, les chantiers de voies de transport (routiers, autoroutiers, ferrés…) ;<br>• de zones surfaciques : les carrières, les salines, les chantiers ;<br>• d'épis et d'enrochements littoraux.<br>**Contraintes :**<br>UMI : 500 m² - IMI : 10 m - LMI : sans objet - HMI : sans objet<br>*Ossature (en particulier les voies ferrées)* : UMI : sans objet - IMI : 5 m - LMI : sans objet - HMI : sans objet<br>*Recouvrement* : Taux de recouvrement des matériaux minéraux supérieur à 50% de la surface de référence. | 255 | 255 | 153 |

TABLEAU : NOMENCLATURE IGN OCS GE – DETAILS

### 6.1.2 Corine Land Cover

Corine Land Cover (CLC) est une base de données européenne d'occupation biophysique des sols. Elle est pilotée par l'Agence européenne de l'environnement et couvre 39 États. Elle répond à la directive européenne INSPIRE et est disponible en quatre versions : 1990, 2000, 2006 et 2012.
La nomenclature de CLC est également hiérarchisée et est divisée plus finement que l'IGN OCS-GE.

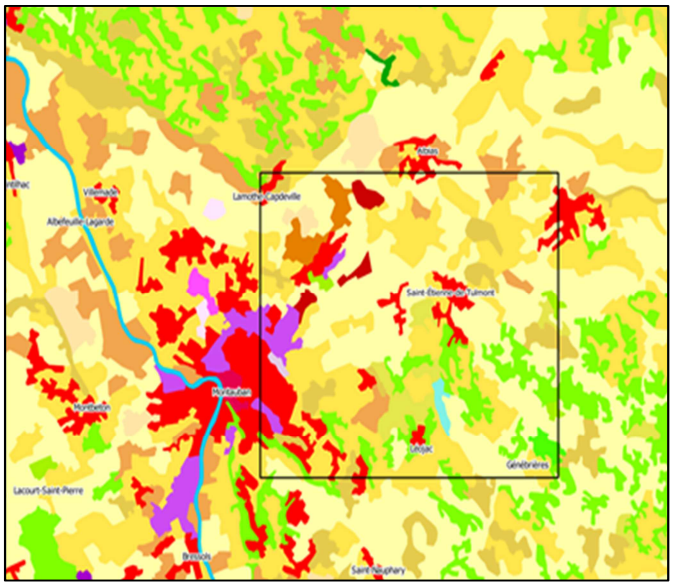


FIGURE 16: OCCUPATION DU SOL CORINE LAND COVER

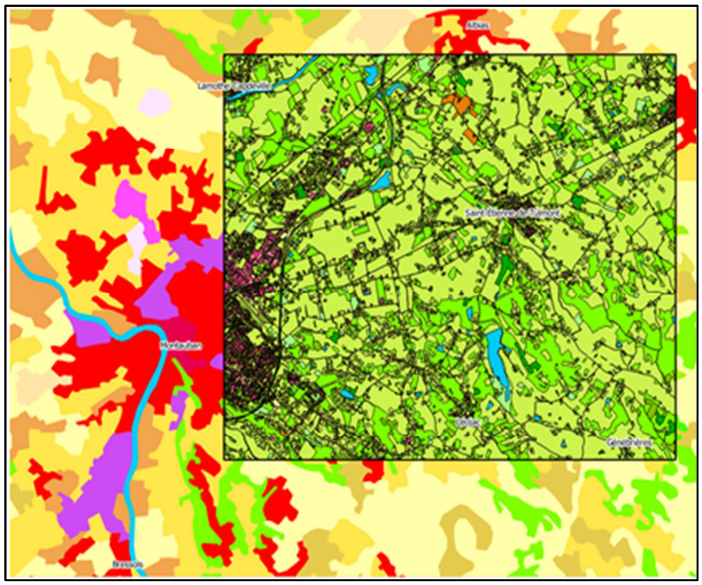


FIGURE 17 : COMPARAISON IGN OCS-GE ET CLC

| code_clc_niveau_4 | libelle_fr | couleur | rouge | vert | bleu |
|---|---|---|---|---|---|
| 1110 | Tissu urbain continu | | 230 | 000 | 077 |
| 1120 | Tissu urbain discontinu | | 255 | 000 | 000 |
| 1210 | Zones industrielles ou commerciales et installations publiques | | 204 | 077 | 242 |
| 1220 | Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés | | 204 | 000 | 000 |
| 1230 | Zones portuaires | | 230 | 204 | 204 |
| 1240 | Aéroports | | 230 | 204 | 230 |
| 1310 | Extraction de matériaux | | 166 | 000 | 204 |
| 1320 | Décharges | | 166 | 077 | 000 |
| 1330 | Chantiers | | 255 | 077 | 255 |
| 1410 | Espaces verts urbains | | 255 | 166 | 255 |
| 1420 | Equipements sportifs et de loisirs | | 255 | 230 | 255 |
| 2111 | Terres arables hors périmètres d'irrigation | | 255 | 255 | 168 |
| 2112 | Canne à sucre | | 255 | 211 | 127 |
| 2120 | Périmètres irrigués en permanence | | 255 | 255 | 000 |
| 2130 | Rizières | | 230 | 230 | 000 |
| 2210 | Vignobles | | 230 | 128 | 000 |
| 2221 | Vergers et petits fruits | | 242 | 166 | 077 |
| 2222 | Bananeraies | | 255 | 255 | 190 |
| 2223 | Palmeraies | | 255 | 255 | 115 |
| 2224 | Caféiers | | 255 | 170 | 000 |
| 2230 | Oliveraies | | 230 | 166 | 000 |
| 2310 | Prairies et autres surfaces toujours en herbe à usage agricole | | 230 | 230 | 077 |
| 2410 | Cultures annuelles associées à des cultures permanentes | | 255 | 230 | 166 |
| 2420 | Systèmes culturaux et parcellaires complexes | | 255 | 230 | 077 |
| 2430 | Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants | | 230 | 204 | 077 |
| 2440 | Territoires agroforestiers | | 242 | 204 | 166 |
| 3111 | Forêts de feuillus | | 128 | 255 | 000 |
| 3112 | Mangroves | | 000 | 168 | 132 |
| 3120 | Forêts de conifères | | 000 | 166 | 000 |
| 3130 | Forêts mélangées | | 077 | 255 | 000 |
| 3210 | Pelouses et pâturages naturels | | 204 | 242 | 077 |
| 3220 | Landes et broussailles | | 166 | 255 | 128 |
| 3230 | Végétation sclérophylle | | 166 | 230 | 077 |
| 3240 | Forêt et végétation arbustive en mutation | | 166 | 242 | 000 |
| 3310 | Plages, dunes et sable | | 230 | 230 | 230 |
| 3320 | Roches nues | | 204 | 204 | 204 |
| 3330 | Végétation clairsemée | | 204 | 255 | 204 |
| 3340 | Zones incendiées | | 000 | 000 | 000 |
| 3350 | Glaciers et neiges éternelles | | 166 | 230 | 204 |
| 4110 | Marais intérieurs | | 166 | 166 | 255 |
| 4120 | Tourbières | | 077 | 077 | 255 |
| 4210 | Marais maritimes | | 204 | 204 | 255 |
| 4220 | Marais salants | | 230 | 230 | 255 |
| 4230 | Zones intertidales | | 166 | 166 | 230 |
| 5111 | Cours et voies d'eau | | 000 | 204 | 242 |
| 5112 | Cours et voies d'eau temporaires | | 190 | 232 | 255 |
| 5120 | Plans d'eau | | 128 | 242 | 230 |
| 5210 | Lagunes littorales | | 000 | 255 | 166 |
| 5220 | Estuaires | | 166 | 255 | 230 |
| 5230 | Mers et océans | | 230 | 242 | 255 |

FIGURE 18 : NOMENCLATURE CLC

La comparaison entre l'IGN OCS-GE et le CLC met en évidence la segmentation plus fine du premier par rapport au second.

### 6.1.3 OSO

L'occupation des sols « OSO » est réalisée par le Centre d'Expertise Scientifique "CES Occupation des sols".
Leur objectif est de définir et de développer des algorithmes automatiques pour la production de cartes d'occupation des sols à partir d'imagerie satellitaire d'une résolution spatiale variant entre 10 m et 20 mètres. Le centre vise une production de cartes à échelle nationale (France métropolitaine) et souhaite réussir à travailler au niveau européen. Sa fréquence de mise à jour est annuelle. La nomenclature de l'OSO est constituée de 15 à 20 classes.

```
culture ete:11
culture hiver:12
foret feuillus:31
foret coniferes:32
pelouses:34
landes ligneuses:36
urbain dense:41
urbain diffus:42
zones ind et com:43
surfaces routes:44
surfaces minerales:45
plages et dunes:46
eau:51
glaciers ou neige: 53
prairies:211
vergers:221
vignes:222
```

FIGURE 19 : NOMENCLATURE OSO

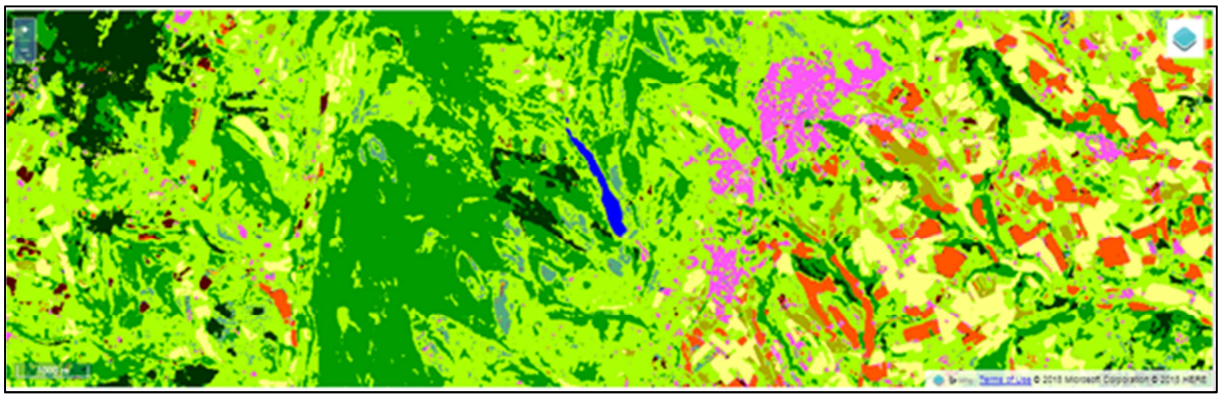


FIGURE 20: OCCUPATION DU SOL OSO SUR FORCALQUIER. ON DISTINGUE LE BARRAGE DE LA LAYE.

## 6.2 Ajout d'un cinquième niveau dans la nomenclature OCS - GE pour le projet

Après cet état de l'art, la base de travail choisie est la nomenclature de l'occupation du sol de l'IGN.
Un cinquième niveau de précision est rajouté en s'appuyant sur la vérité terrain afin de bien détailler les sols nus naturels ou artificiels que nous y avons rencontrés.

Nous avons donc créé une nouvelle nomenclature : chaque code à 5 chiffres possède un lien hypertexte qui ouvre une fiche .html qui permet de parfaitement appréhender la description du sol avec des photos associées. La finalité de ces fiches était d'y inscrire également les attributs discriminants d'un point de vue de télédétection, tâche que nous n'avons pas pu mener à bien par manque de temps.

Fiche descriptive

Plage naturelle de galets

12101

**Identification**

**Numéro de nomenclature :** 12101
**Nom de nomenclature :** Plage naturelle de galets
**Date de création de la fiche :** 25/07/2018
**Désignation :** Surface naturelle, constituée de sol nu. Ce sol est composé de galets amassés en plage le long d'un cours d'eau. Pour rappel, un galet est un fragment de roche à l'aspect arrondi, lisse.
**Classification :** NR

**Images**

FIGURE 21 : FICHE DESCRIPTIVE 12101 PLAGE NATURELLE DE GALETS

# VIII. Constitution d'une vérité terrain - Segmentation

La segmentation d'image est une opération de traitement qui a pour but de rassembler des pixels entre eux en fonction de leur proximité dans l'espace radiométrique. Les pixels sont ainsi regroupés en segments qui constituent un pavage ou une partition de l'image. Une segmentation été réalisée sur les zones de vérité terrain à partir d'images SPOT6. Elle nous a servi à récolter l'information mais, comme nous le verrons par la suite, n'est pas celle retenue pour le post-traitement.
Pour toutes ces étapes, il a fallu faire attention au codage des images en entrée comme en sortie.
De plus, il est préférable qu'une image soit sur-segmentée que sous-segmentée car sinon il n'y aura pas assez de segments à l'issue du « merging ».
En conclusion, la difficulté de ces traitements a été d'obtenir une segmentation correspondant au mieux aux zones repérées sur le terrain et visibles sur les images. Les vérités terrains sur les trois zones ont été réalisées à partir de ce fond de carte segmenté.
Une bonne segmentation est celle qui répond au mieux à la vérité terrain, c'est-à-dire une segmentation qui va partitionner l'image en sous-ensembles homogènes et permettant une bonne distinction des différentes surfaces. Cependant ce postulat de base ne comporte aucune notion de qualification chiffrée. C'est l'une des difficultés qui nous a poussé à explorer une méthode spécifique de segmentation puis de qualification qui soit à même :
- d'améliorer le processus de segmentation en renseignant de multiples canaux pour cette opération.
- d'estimer le gain acquis en termes de précision de classification grâce à cette méthode.

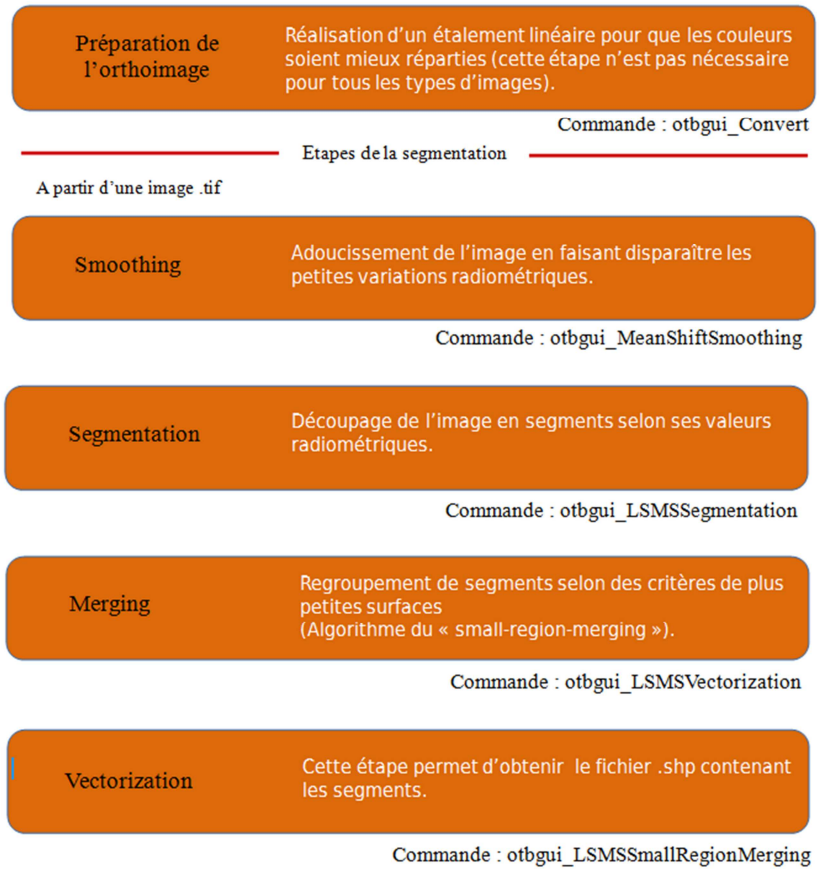



FIGURE 22 : ETAPES DE LA SEGMENTATION

# IX. Approches exploratoires

### 8.0 Seuillage

Une tentative de classification par traitement direct sur les attributs a été réalisée (mise en place de seuils et « score » associé à chaque classe en fonction du profil des attributs attendus pour l'idéal-type).

Malheureusement ce fut un échec qualitatif pour une classification exhaustive mais relativement efficace et plastique pour un masque binaire sol/végétation. Cela nous a, entre autres, permis d'évaluer assez précisément le poids de chaque bande dans la classification en jouant sur les seuils et les pondérations des attributs. Par exemple, il est plus efficace de fixer un seuil sur le NDVI que sur le seul PIR pour isoler la végétation. L'approche est disponible en archive.

### 8.1 Travail sur image concaténée

Afin d'améliorer les segmentations naïves, il a été tenté d'exécuter l'opération sur une image préalablement concaténée des divers attributs d'ordinaires relatifs à la classification. L'opération est exécutée sur otb (commande ConcatenateImages), et nécessite de caler les différentes images sur la même emprise. Les résultats sont malheureusement ininterprétables objectivement (statistiquement) du fait de l'absence d'outils statistiques appropriés et de notre propre incapacité à mettre en œuvre une comparaison de segmentation de Hoover qui aurait pu nous servir de substitut (pour cause de codage d'image différents). En revanche, l'interprétation graphique est en faveur de la méthode, tant par la taille des segments notamment sur sol, que par leur apparente correspondance aux entités terrain.

Avantages : Plausible amélioration du résultat final se basant sur une segmentation dans l'espace attributaire de la classification et non plus sur un simple cliché. Gain de temps lié à l'arrêt de traitements parallèles sur les diverses images qui une fois concaténées les subissent en même temps.

Les résultats sont cependant en double teinte lors du traitement selon la méthode IGN SolVeg puisque son OA est inférieur à la méthode de l'IGN dans le cadre du masquage binaire de la végétation. Notre méthode, comme le montre la classification M5, accroît son efficacité avec la multiplicité des classes introduites.

(voir les archives, dossier Classification_M2 > Construction_segmentation)

### 8.2 Classification « en cascade »

Processus de classification par étapes mené comme alternance entre les phase de classifications sur nomenclature de richesse croissante, avec élimination de segments dans l'intervalle. Concrètement il s'agit de réduire la complexité de la tâche de l'algorithme de classification en ne lui soumettant face à une nomenclature précise que des segments propres être rangés dans celle-ci. On commence donc par masquer les arbres, puis la végétation basse, puis les cultures ligneuses, etc…, en enrichissant à chaque étape la nomenclature. Les travaux de masque végétation/non-végétation donne très vite des résultats à 100% d'OA ce qui permet de passer à l'étape suivante avec un minimum de risque de contagion d'erreurs de l'étape précédente.

Résultats positifs, puisque l'opération de masquage permet d'atteindre lors de la classification exhaustive sans végétation une OA de près de 90 %, que nous ne parviendrons pas à retrouver même après réalisation de la classification Sentinel. Demanderai cependant pour être validée une mise à l'échelle qui nous manque.

(voir l'annexe pour un visuel)

### 8.3 Inter-temporalité attributaire (Sentinel1A)

Face à un sujet (les sols nus) propices à une grande variabilité intertemporelle des aspects, nous avons tentés d'introduire via les images RADAR de Sentinel une dimension intertemporelle en produisant une image « moyenne » de la zone sur l'année (travail de Despeckle présenté plus haut). Ainsi nous avons pu atteindre sur une nomenclature quasi-exhaustive 88% d'OA accompagnés d'une très bonne qualification graphique. Si le RADAR était une technologie particulièrement intéressante pour nous, ainsi que l'inter-temporalité qu'elle permettait d'atteindre, il est toutefois à noter que la trop faible résolution spatiale de l'image produite était un frein à l'amélioration non-équivoque de notre classification. Elle a, par exemple, induit des défauts de

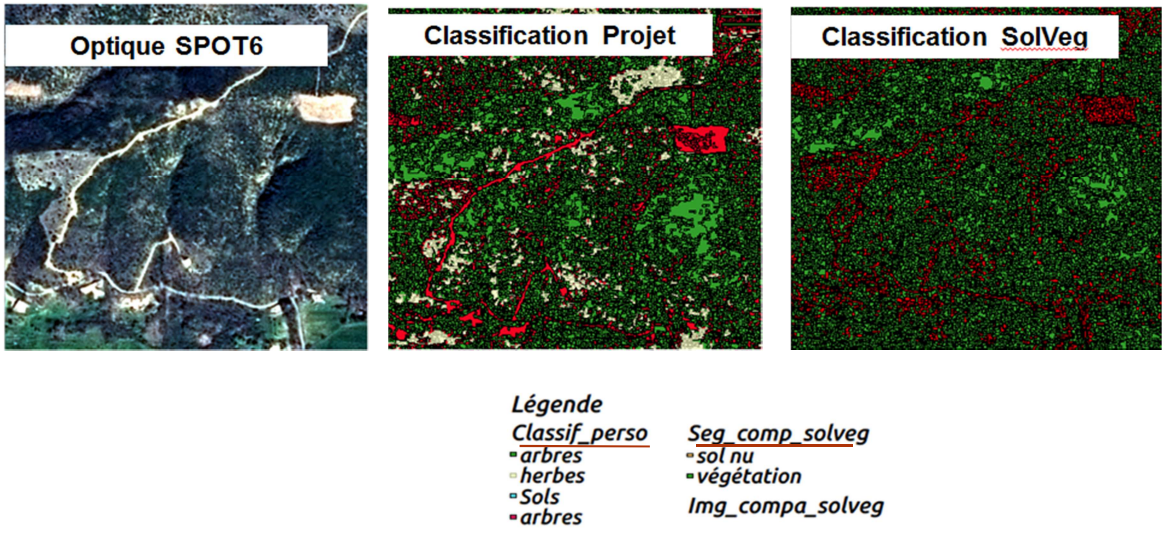
segmentation et de classification dus aux brusques ruptures entre ses pixels, sans lien avec les couches mieux résolues, formant ainsi un artefact sur l'image concaténée.

Le résultat est visible en annexe sous le nom « Classification M5 »

### 8.4 Comparaison à la méthode SolVeg

Le but de la comparaison menée était d'essayer de qualifier notre résultat par rapport à la méthode de classification automatisée déjà mis en place à l'IGN. La méthode SolVeg devait ainsi nous servir d'étalon en fournissant sur une même zone des résultats de précision et de rappel propres à être comparés aux nôtres.

Il est cependant à noter que, si les chiffres sont en effet comparables, la segmentation servant de base à la méthode SolVeg étant différente de la nôtre, la comparabilité des résultats pourrait être limitée, notamment en ce qui concerne l'absence de correspondance des VT. Les résultats sont visibles … .En résumé la méthode SolVeg, par ce qu'elle est orienté vers l'étude des forêts, est bien plus sensible que la nôtre aux végétaux, quitte à sur-interpréter leur présence. Réciproquement, essentiellement car il ne s'agit pour nous que d'une étape de masquage avant classification exhaustive, notre méthode sur-interprète les sols nus.




### 8.5 Développement de méthodes de qualifications des segmentations

C'est dans ce cadre que nous avons également tenté de qualifier notre segmentation obtenue par concaténation. D'une part nous savons pu constater graphiquement et en terme de nombre de segments que notre segmentation était bien mieux définie et moins sensible aux faibles variations que celle brute de l'IGN. Un travail statistique a été mené et peut-être retrouvé … . on y constate en premier lieu la faible étendue des segments « SolVeg » devant les nôtres. Par la suite, et dans une optique plus quantitative, nous avons testé avec insuccès la méthode de Hoover et celle de l'Intersection-over-Union (qui fournissait un résultat contre-intuitif du fait de l'impossibilité de circonscrire manuellement la totalité des éléments d'une même classe au sein de l'image). Un indice a été construit qui agrège les diverses informations, mais il faut reconnaître que les choix de pondérations font intervenir une certaine subjectivité. Enfin la méthode la plus prometteuse consistait à créer une couche vectorielle de gros polygones, homogènes en termes de classes, de filtrer dans les couches classifiées les segments totalement contenus dans ceux-ci et de tirer statistiquement moyenne et écart type de l'écart entre la classification attendue et celle obtenue. Pour résumer ces résultats notre classification parvient, notamment sur les panneaux solaires et les chemins (segments dont le ratio périmètre/aire est très supérieur à la moyenne), à clairement surpasser les autres en termes de correspondance au terrain et de résilience aux bruits, ombres et autres petits éléments parasites.

### 8.6 Classification au pixel

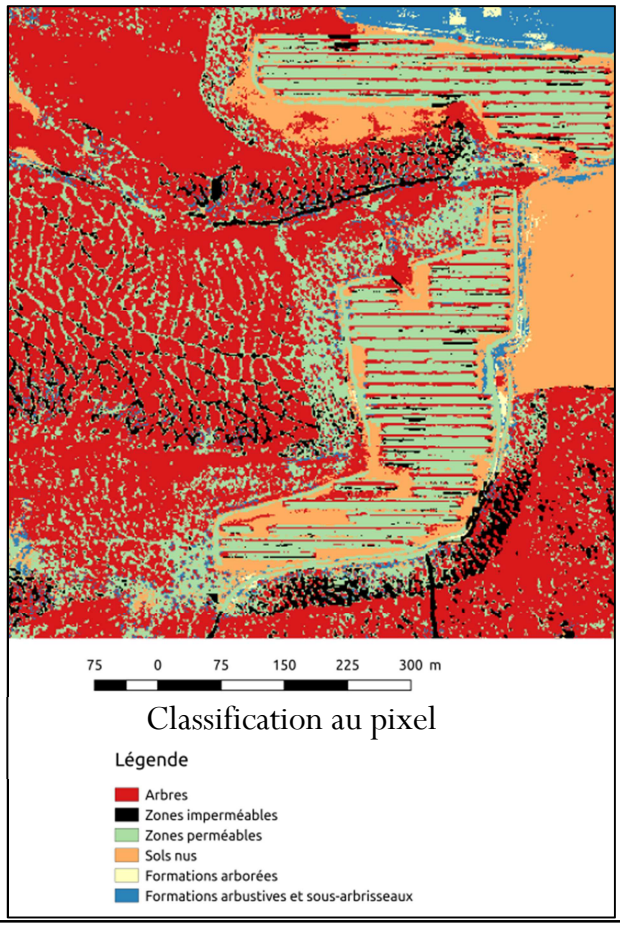
Afin de classifier les éléments de nos zones de terrain, nous avons décidé de réaliser des tests avec la méthode SVM. Celle-ci prend en compte une classification recensée sur une des segmentations réalisées ainsi qu'un ensemble d'images de la zone et en ressort une classification faite à partir des éléments les plus discriminants des pixels des images.

Notre premier test s'est fait sur la zone des Mées, où nous avons tenté de faire une classification à partir du deuxième niveau de notre nomenclature (zones anthropisées, zones naturelles, végétation ligneuse). Nous avons surtout prit des éléments de la Durance telle que l'eau ou les bancs de cailloux, quelques champs cultivés et des routes goudronnées. Comme image d'entrée, nous avions mis l'image SPOT. Le résultat en sortie n'a pas été très convainquant : les berges caillouteuses de la Durance ont été considérées comme des surfaces anthropisées ainsi que certaines zones d'herbe. Nous nous sommes donc dit que la nature des éléments renseignés était trop homogène et que nous devions multiplier les objets d'une même classe mais d'une nature pixellaire différente.

Nos autres tests se sont faits sur les marquis qui est une petite zone et qui ne contient pas beaucoup d'éléments différents. Nous avons réalisé dessus une première classification à partir d'une image concaténée d'images SPOT et IRC. Le résultat obtenu n'a pas été mauvais (72%) mais pouvait être amélioré en rajoutant d'autres paramètres. Nous avons donc recréé une image concaténée d'images SPOT, NDVI, HARALICK, IRC, S1 et d'indice de cuirasse (l'image RADAR considérée étant le résultat d'une moyenne des images RADAR sur une année). Le résultat fut beaucoup plus proche de la réalité avec un taux de réussite de 87%.

Pour se rendre compte de l'impact des images RADAR de Sentinel dans notre classification, nous avons décidé d'effectuer une comparaison temporelle. Nous possédions des images sur une année entière (de août 2017 à juillet 2018) que nous avons concaténées les unes après les autres. Nous avions donc 11 images concaténées formées des mêmes images IRC, NDVI, etc. et d'une image RADAR de la période décrite précédemment. Les résultats furent ceux que nous attendions : les images Sentinel ne modifient pas l'aspect global de la classification mais en fonction de la période considérée, des petits changements apparaissent sur des zones équivoques. Le taux de réussite de la classification est très variable en fonction de l'image considérée (de 59 à 93%), mais on se rend bien compte que pour l'image moyennée sur l'année et lissée, celui-ci est plutôt bon et fiable.

**SPOT6 Les Marquis**



| Dates images S1 | Moyenne à l'année | 29/09/17 | 03/01/18 | 28/03/18 | 08/06/18 |
|---|---|---|---|---|---|
| Taux de fiabilité | 87,00% | 59,00% | 93,00% | 74,00% | 68,00% |

Statistiques de l'étape d'entrainement

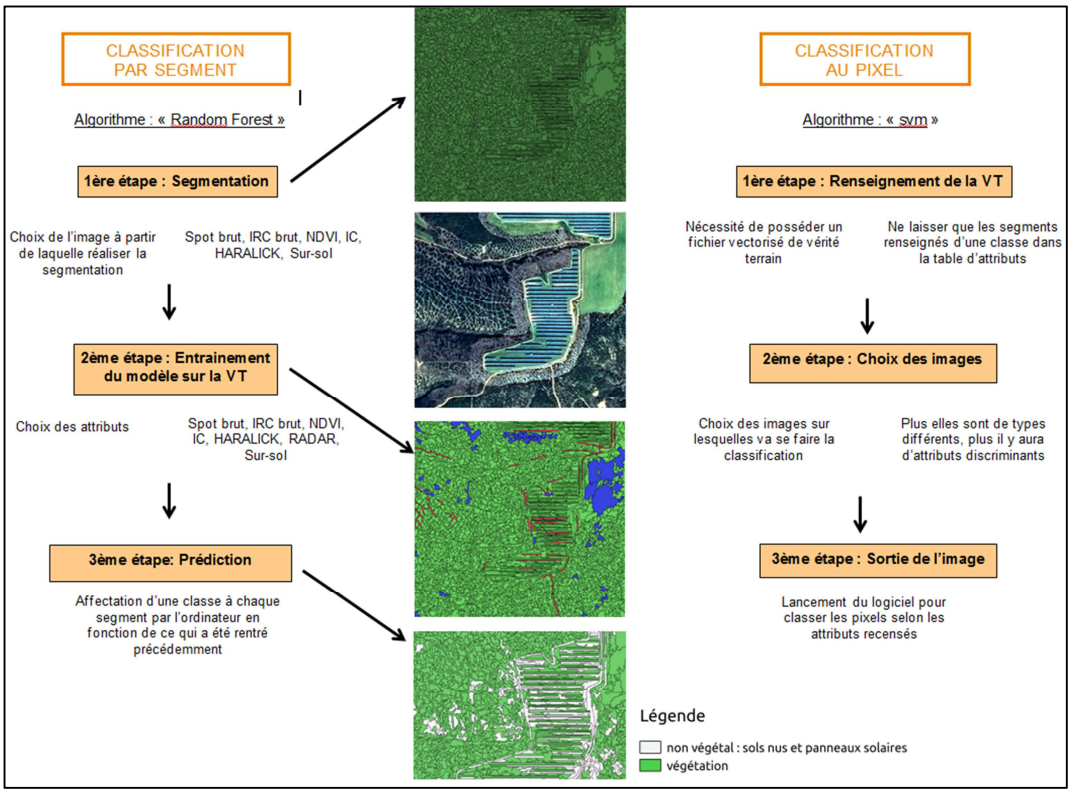
## X. Recherche d'attributs discriminants

L'objectif étant d'automatiser la classification des sols nus, il a fallu rechercher les attributs les plus discriminants pour chaque classe afin de les utiliser au sein d'un processus algorithmique de classification supervisée des segments ou des pixels.

Pour cela, la première étape du projet a été de séparer la végétation des sols nus, grâce à l'indice *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Le calcul du sursol nous a ensuite permis de faire la distinction entre la végétation haute et la végétation basse. Ensuite il a fallu différencier les sols anthropisés des sols naturels et enfin réussir à détecter des sols pouvant posséder d'autres matériaux composites.

Pour rappel, l'indice NDVI est un indice normalisé permettant de mettre en évidence la végétation. Cet indice repose sur le contraste des caractéristiques des deux canaux : l'absorption du pigment chlorophyllien dans le canal rouge et la haute réflectivité des matières végétales dans le canal proche infrarouge (NIR).
On remarque tout de même qu'avec le NDVI, les panneaux solaires ne sont pas bien distingués de la végétation. C'est l'indice de texture d'Haralick qui va permettre cette distinction. Les attributs déterminants étant objectivement donnés par l'Evaluation produite par le script Random-Forest, on a par la suite constaté que ce n'était pas seulement la moyenne des valeurs pixellaires du segment sur chaque bande qui importaient, mais aussi leur variation interne. Ainsi certains canaux de l'indice de texture d'Haralick sont moins intéressant à l'échelle du pixel ou de la moyenne segmentaire que par la variation interne qu'ils induisent. Nous pouvons également affirmer que les surfaces de végétation clairsemés sont distinguable du reste de la végétation à la fois par le recours au Sur-sol mais aussi par la variation des valeurs du NDVI en leur sein. L'Indice de cuirasse est quant à lui particulièrement efficace dans la détection des revêtements comme cela a été observé sur les Buissonades.
Les résultats sont accessibles..
La visualisation des éléments sur les images correspondants à chacun des indices est accessible en annexe.

## XI. Classification automatisée et pistes d'amélioration



Le processus de classification est désormais bien connu, renseigné et ne demande qu'une vérité terrain et des attributs pour être mis en œuvre. Il faut noter qu'à travers trois approches nous parvenons à donner des résultats sur notre zone test du Marquis des résultats à l'OA dépassant les 90%. Il s'agit de la classification sans Sentinel1 post-masquage de la végétation, de la classification M5, la plus aboutie à ce jour qui obtient 95% sur une nomenclature quasi exhaustive et d'une classification au pixel sur image concaténé. Ainsi localement la méthode offre des résultats satisfaisants. En revanche l'automatisation du processus suppose une mise à l'échelle qui nous manque ainsi qu'une base de données de vérité terrain propre à généraliser la méthode pour d'autres écosystèmes que le provençal sur lequel nous avons évolué.

## XII. Analyse des résultats

| | |
|---|---|
| M1 Segmentation Spot | Segmentation issue uniquement de l'image Spot.<br>Attributs : NDVI, Haralick, l'indice de cuirasse, les bandes de Spot et le sur-sol. |
| M2 Segmentation concaténée | Segmentation issue de la concaténation des images Spot, NDVI, Haralick, Indice de cuirasse, sur-sol.<br>Attributs : NDVI, Haralick, l'indice de cuirasse, les bandes de Spot et le sur-sol. |
| M3 Segmentation concaténée + attributs de géométrie | Segmentation issue de la concaténation des images Spot, NDVI, Haralick, Indice de cuirasse, sur-sol.<br>Les segments correspondants à la végétation ont été retirés<br>Attributs : NDVI, Haralick, l'indice de cuirasse, les bandes de Spot et le sur-sol + attributs de géométrie. |
| M4 Méthode de l'IGN (SolVeg) | Segmentation issue d'images RVB-PIR de haute résolution spatiale (mais de faible résolution temporelle)<br>Utilisation du MNH (modèle numérique de hauteur) pour seuiller la végétation entre « végétation haute » et « végétation basse » à 2m |
| M5 Segmentation concaténée (avec radar) | Segmentation issue de la concaténation des images Spot, NDVI, Haralick, Indice de cuirasse, sur-sol et Radar.<br>Des essaies ont été effectués en rajoutant des attributs de géométries. |

| | |
|---|---|
| M1 Segmentation Spot | Entrainement :<br>- Approche masque binaire 79%<br>- Approche 4 classes 94% d'Overall Accuracy (OA)<br>- Approche avec toutes les classes 45% (OA) |
| M2 Segmentation concaténée | Entrainement :<br>- Approche masque binaire 96%<br>- Approche 4 classes 89% (OA)<br>- Approche avec toutes les classes 96% (OA) |
| M3 Segmentation concaténée + attributs de géométrie | Entrainement :<br>- Approche avec toutes les classes 85 % (OA) |
| M4 Méthode de l'IGN (SolVeg) | Entrainement :<br>- Approche masque binaire 100% (OA)<br>- Approche 4 classes 86% (OA)<br>- Approche avec toutes les classes 83 % (OA) |
| M5 Segmentation concaténée (avec radar) | Entrainement :<br>- Approche 4 classes 98 % (OA)<br>- Approche 6 classes 89% (OA)<br>- Approche 6 classes + attributs de géométrie 81% (OA) |

# XIII. Réalisation d'un pixel artificiel

Le bonus du projet consistait à réaliser un pixel artificiel visible sur une image du satellite radar Sentinel1. Ce pixel artificiel est le prélude à un objectif plus global visant à dessiner le logo de l'IGN ou de l'ENSG sur une image RADAR (RAdio Detection And Ranging). Cependant, au-delà de l'aspect pratique de ce projet-bonus, les géodésiens ont l'intention d'utiliser ces pixels pour étudier les mouvements les plus infimes à la surface de la Terre. En effet, en comparant deux images radars prises à des moments différents, il est possible de calculer la différence de phase entre celles-ci grâce aux pixels artificiels et donc de déterminer un mouvement potentiel : c'est ce que nous appelons l'INterferometric Synthetic Aperture Radar (INSAR).

FIGURE 24 : TRIEDRE REFLECTEUR-RADAR

Le pixel artificiel résulte d'un trièdre réflecteur-radar posé et orienté judicieusement sur le terrain de manière à renvoyer au satellite Sentinel1 un maximum d'ondes électromagnétiques lors de son passage dans le ciel et ainsi saturer le pixel de l'image concernée.

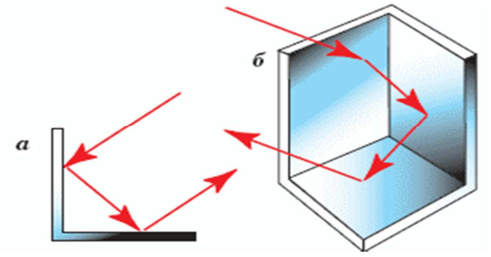



FIGURE 23 : PRINCIPE DU TRIEDRE REFLECTEUR-RADAR

Le trièdre réflecteur-radar, nommé « Pageot Pulse » en l'honneur de Christian Pageot, le mécanicien du centre IGN de Forcalquier qui a aidé à sa construction, est un trièdre de 50 cm de côté. Le « Pageot Pulse »(PP) a une ossature bois orientable, posée sur un trépied. Cette ossature a été recouverte de papier aluminium pour former un coin métallique. En effet, le métal réfléchit très bien les ondes électromagnétiques et les feuilles d'aluminium sont peu coûteuses.

Les heures et les dates des passages des satellites ainsi que leurs azimuts et leurs angles zénithaux ont été récupérés sur le site internet IXION. Les images RADAR ont été quant à elles récupérées sur scihub.copernicus.eu. Il s'agit d'une banque de données ouverte permettant de récupérer les images des différents satellites Sentinel en fonction de la zone sélectionnée. Les satellites Sentinel-1A et 1B produisent des images RADAR.

FIGURE 25 : ORIENTATION DU TRIEDRE REFLECTEUR RADAR

Concernant la phase de construction du « Pageot Pulse », l'aplanissement du papier aluminium fut une opération délicate car celui-ci se froisse très facilement. Hors, pour renvoyer les ondes correctement, il faut avoir des surfaces les plus planes possibles. A l'aide d'un rouleau en plastique, le papier aluminium a été collé de manière la plus plate et homogène possible.

Le placement du PP a été déterminé grâce aux images radar antérieures .Le samedi 21 juillet 2018, le trièdre a été placé sur un trépied au milieu d'un grand champ labouré et orienté plein EST selon les angles donnés par *IXION* (96,9° par rapport au NORD environ). Malheureusement cette première acquisition fut un échec car le pixel artificiel n'est pas apparu sur l'image radar. En analysant l'image de plus près, il s'est avéré qu'elle avait été prise à l'OUEST et non à l'EST. En effet *IXION* indique des angles trigonométriques (sens inverse du sens horaire).

Le jeudi 26 juillet 2018, en respectant bien le sens trigonométrique, le PP a été installé en direction du satellite le matin et l'image radar a été téléchargée en début d'après-midi.
Cette fois, sur l'image radar, un point bleu clair est apparu au milieu de couleurs plus sombres du champ dans lequel était positionné le PP. Ce pixel clair correspond certainement à notre pixel artificiel, mais n'ayant pas relevées les coordonnées GPS, il va falloir contrôler ce résultat par une nouvelle acquisition.
Afin de tester une autre construction à faible coût, deux trièdres en carton recyclé et papier d'aluminium ont été réalisés. Les trois trièdres seront alignés sur le terrain de manière à distinguer clairement les pixels alignés sur l'image radar.

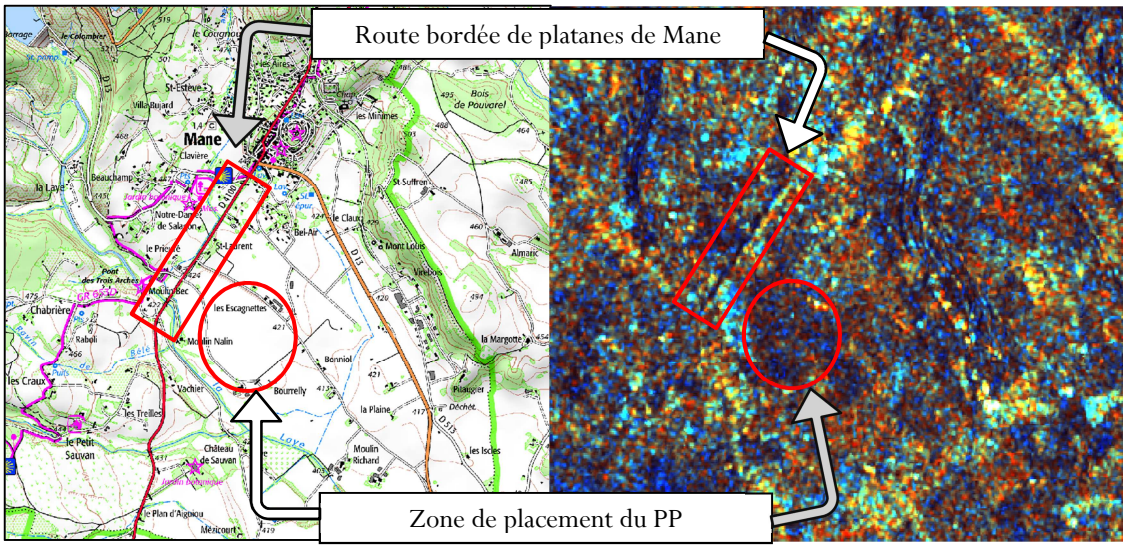



FIGURE 26 : EMPLACEMENT DU PP

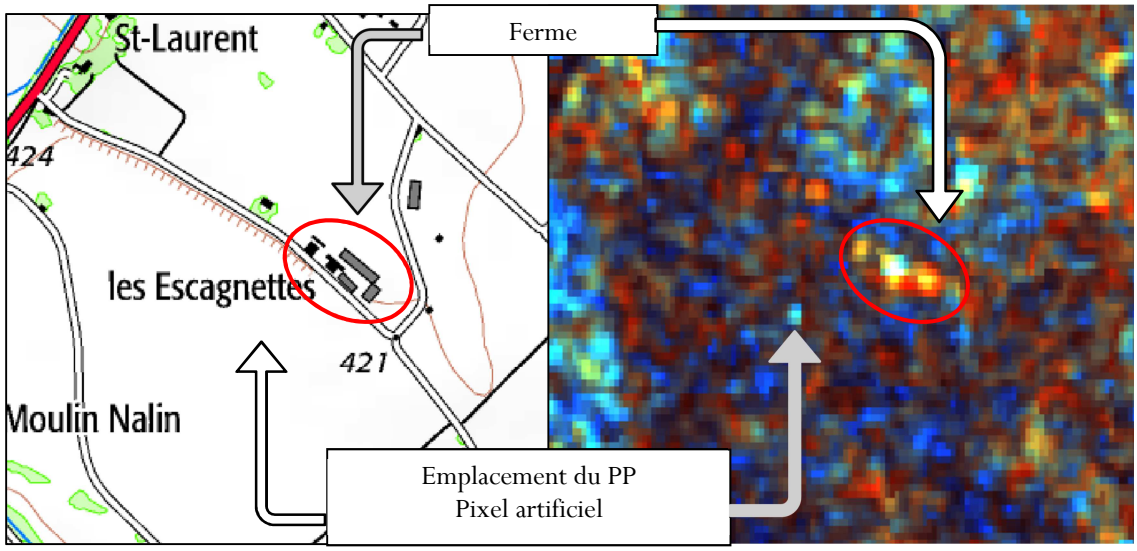



FIGURE 27 : PIXEL ARTIFICIEL

# XIV. Organisation

Au début du projet, un diagramme de Gantt prévisionnel a été réalisé de manière à récapituler les principales tâches à réaliser et les répartir sur les 3 semaines. Il s'agissait d'une première estimation afin de visualiser la succession logique des travaux les uns par rapport aux autres. En effet, au cours du projet, il a fallu s'adapter à la météo et aux difficultés rencontrées (répartition des ordinateurs entre groupe, ordinateurs défectueux, serveur de stockage des données défectueux). Un autre diagramme de Gantt a été réalisé en fin de projet afin de le comparer avec le prévisionnel. Ces deux tableaux sont archivés dans les Annexes.

En complément, les chefs de groupe ont rempli un autre tableau dans lequel ils ont mis chaque jour les tâches effectuées. Ainsi, quotidiennement, ils pouvaient faire le point avec le reste du groupe sur le travail à finaliser dans la journée.

# XV. Conclusion

Ces trois semaines de projet nous ont, tout d'abord, permis d'approfondir nos connaissances en télédétection mais aussi d'apprendre à gérer un projet.

Pour répondre à la problématique de notre sujet, les attributs discriminants pour distinguer les différents types de surface sont issus des indices NDVI, Haralick et indice de cuirasse, des attributs des images ORTHO IRC, Spot6, Sentinel1 et des données du sur-sol.

L'exploitation des données selon une classification par segment ou au pixel ont donné des résultats différents. Le meilleur taux de classification est de 98% pour quatre classes (OA) en classification par segment. La classification au pixel est de 93% sur l'image radar du 03/01/2018.

Le projet bonus qui consistait à réaliser un pixel artificiel *low-cost* a été mené à bien. Une dernière expérience sera réalisée le mercredi 01/08/2018 et ne sera donc pas documentée dans le rapport.

Nous avons remarqué en cours de traitement qu'une image concaténée permet un taux de réussite de classification importante, contrairement à une image simple.

Enfin, nous aurions aimé comparer les segmentations entre elles afin de voir si elles influaient sur la classification par segment finale mais nous avons manqué de temps.

# XVI. Annexes

| 1er niveau | 2e niveau | 3e niveau | 4e niveau | Classification Artificialisation des sols - 5e niveau |
|---|---|---|---|---|
| CS 1 Sans végétation | CS 1.1 Surfaces anthropisées | CS 1.1.1 Zones imperméables | CS 1.1.1.2 Zones non bâties | 11121 Revêtement (tout ce qui n'est pas du goudron, ex : berge canal béton) |
| | | | | 11122 Réseaux routiers, place et parkings en goudron |
| | | CS 1.1.2 Zones perméables | CS 1.1.2.1 Matériaux minéraux | 11210 Chemin de terre caillouteux |
| | | | | 11211 Graviers |
| | | | | 11212 Réseaux ferrés |
| | | | | 11213 Chemin de terre |
| | | | | 11214 Carrière |
| | | | | 11215 Chantier |
| | | | | 11216 Enrochements cours d'eau |
| | | | | 11217 Galets |
| | | | | 11218 Plage artificielle sable |
| | | | | 11219 Terre nue |
| | | | CS 1.1.2.2 Matériaux composites | 11221 Décharge |
| | | | | 11222 Panneaux solaires |
| | | | | 11223 Brûlis |
| | CS 1.2 Surfaces naturelles | CS 1.2.1 Sols nus | | 12101 Plage de galets |
| | | | | 12102 Plage de sable |
| | | | | 12103 Roches nues (Gélifrat, les Mourres...) |
| | | | | 12104 Végétation clairsemée et galets et limon |
| | | | | 12105 Végétation clairsemée et terre |
| | | CS 1.2.2 Surfaces d'eau | | 12205 Cours et voies d'eau |
| | | | | 12206 Plans d'eau |
| CS 2 Avec végétation | CS 2.1 Végétation ligneuse | CS 2.1.1 Formations arborées | CS2.1.1.1 Peuplements de feuillus | 21111 Vergers et petits fruits |
| | | | | 21112 Cultures de truffes |
| | | CS 2.1.2 Formations arbustives et sous-arbrisseaux | | 21201 Oliveraies |
| | | | | 21203 Champs de lavande |
| | | CS 2.1.3 Autres formations ligneuses | | 21301 Vignobles |

TABLEAU 1 : NOMENCLATURE

| Type de données | Résolution | Capteurs | Commentaire | A quoi ça sert |
|---|---|---|---|---|
| **Scan 25** | Echelle 1/25 000 | | Le SCAN 25 est une collection d'images cartographiques numériques en couleurs, obtenues par rasterisation des données servant à la réalisation des cartes de la série au 1/25 000ème. Le SCAN 25 comprend de nombreuses informations sur le territoire, tels que la présence de bâtiments, d'infrastructures de transport, de forêts... Il décrit la topographie avec des courbes de niveau dont l'intervalle altimétrique est de 2,5m. Système(s) de projection : RGF93/Lambert 93 | A se repérer dans le projet. |
| **Sentinel 1** | 4 modes :<br>-Strip Map Mode: 5 x 5 m<br>-Interferometric Wide Swath Mode: 5x20 m<br>-Extra-Wide Swath Mode: 25 x 100 m<br>-Wave-Mode: 5 x 20 m | Bande C : Fréquence centrale de 5,405 GHz, soit 5,6 cm de longueur d'onde | Images satellite radar<br>Emprise des images : 250x200 - taille pixel : 2,3 x 17,4<br>Sentinel-1A a une masse de 2200 kg, dont 930 kg pour la charge utile.<br>Sentinel-1 est placé sur une orbite polaire héliosynchrone à 693 km d'altitude et 98,19° d'inclinaison et fait le tour de la Terre en 98,74 minutes.<br>Le cycle orbital se répète tous les douze jours. | A analyser la rugosité des sols et ç aider dans la classification |
| **Sentinel 2 Temporel** | 10 m de résolution pour les bandes dans le visible et le proche infrarouge PIR(8), R(4), V(3) et B(2)<br>20 m de résolution pour les bandes dans le proche infrarouge et le moyen infrarouge 5, 6, 7, 8a, 11 et 12<br>60 m de résolution pour les bandes 1, 9 et 10 | 13 bandes spectrales dont 3 dans l'infrarouge proche (SWIR)<br>Nom du capteur : MSI | Images satellite optiques.<br>Pour exploiter les images qui sont tuiées, il faut les concaténer avec la commande : otbgui_ConcatenateImages dans l'ordre 8, 4, 3, 2 et 1 pour avoir une composiotn colorée intéressante. Les bandes 5, 6, 7, 8a, 11 et 12 apporteront un plus pour l'analyse de la végétation. | Avoir une image optique sur laquelle faire une segmentation |
| **Lidar ou télédétection par laser (Laser Imaging Detection And Ranging) intitulé "NUAGE_POINTS_zone_forca"** | | lasers rayonnant dans le domaine infrarouge, le domaine visible ou le domaine ultraviolet proche (fréquences au-delà de 10 THz, longueurs d'ondes de 250 nm à 10 µm). | .las travaillé avec le logiciel "LAStools" | Réaliser un MNS |
| **BD TOPO** | La base de données "TOPO" permet une exploitation jusqu'à une échelle de 1/10 000 voire 1/5 000. | | La BD Topo est une base de données vectorielles 2D et 3D disponible depuis 2007 sur l'ensemble du territoire français. D'une précision métrique, elle permet une exploitation jusqu'à une échelle de 1/10 000 voire 1/5 000.<br><br>Les données proviennent soit de produits existants (BDCarto, BDAlti), de restitution photogrammétrique de la BD Ortho ou de produits externes à l'IGN (Cadastre par exemple) | Habiller un rendu cartographique |
| **BD ORTHO IRC 0M50** | Raster en image infrarouge à 0.50m de résolution | Multispectral :<br>Bleu 0,450 - 0,520 µm<br>Vert 0,530 - 0,590 µm<br>Rouge 0,625 - 0,695 µm<br>Proche Infrarouge 0,760 - 0,890 µm | La BD ORTHO IRC se caractérise par l'ajout d'un canal dans le proche infrarouge (750 à 1090 nanomètres) qui permet de mener des études sur la végétation, l'hydrologie... | Faire de la segmentation et aider à la classification |
| **Image Optique SPOT 6 (SPOT7 pas dans la zone d'étude)** | en mode panchromatique à 1,5 m de résolution et en mode multispectral à 6 m de résolution, avec un champ d'observation de 60 km. | Panneau PAN : 28 000 pixels<br>Panneau MS : 4 x 7000 pixels<br><br>Plage dynamique à l'acquisition : 12 bits par pixel<br><br>Multispectral :<br>Bleu 0,450 - 0,520 µm 6m x 6m<br>Vert 0,530 - 0,590 µm 6m x 6m<br>Rouge 0,625 - 0,695 µm 6m x 6m<br>Proche Infrarouge 0,760 - 0,890 µm 6m x 6m<br><br>Monospectral PAN 0,450 - 0,745 µm 1,5 m x 1,5 m | altitude: 694 km<br>inclinaison: 98,79 degrés<br>orbite: polaire héliosynchrone<br>période de révolution: 98,79 minutes<br>durée d'un cycle: 26 jours<br>champ de prise de vue: 60 x 60 - bande de max 600 km de long<br>Capteur NAOMI (New AstroSat Optical Modular Instrument)<br>Le système optique est constitué d'un instrument regroupant 2 téléscopes Korsch identiques capables d'enregistrer simultanément en mode panchromatique à 1,5 m de résolution et en mode multispectral à 6 m de résolution, avec un champ d'observation de 60 km. | Faire de la segmentation et aider à la classification |

TABLEAU 2 : INVENTAIRE DES DONNEES SOURCES

TABLEAU 1 : PROCESS_DATA

| Processus de récupération et de traitement des images | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Utiliser la même projection pour travailler sur les données | | Projection Lambert 93 | 1-Import sous Qgis<br>2-Modifier projection<br>3-Re_import la données re-projetée | 1-Ouvrir QGIS sous Ubuntu<br>2-« Enregistrer sous » sur la donnée / Paramétrer le système de projection |
| **Type de donnée** | **Lieu de récupération** | **Contenu** | **Outils de traitement** | **Commandes** |
| MNT | données fournies par le professeur | fichier tuilé .asc | 1-Import sous Qgis<br>2-Fusion des tuiles<br>3-Découpe du raster | 1-Ouvrir QGIS sous Ubuntu<br>2-[GDAL] Divers / Fusionner<br>3-[GDAL] Extraction / Découper un raster selon une emprise |
| MNS | données fournies par le professeur | image géoréférencée.tif | 1-Import sous Qgis<br>2-Découpe du raster | 1-Ouvrir QGIS sous Ubuntu<br>2-[GDAL] Extraction / Découper un raster selon une emprise |
| BD TOPO_04 | données fournies par le professeur | vecteurs au format shape sur le département des Alpes de Haute-Provence | 1-Import sous Qgis | 1-Ouvrir QGIS sous Ubuntu |
| SCAN 25 | données fournies par le professeur | raster tuilé au format .jp2 | 1-Import sous Qgis<br>2-Fusion des tuiles<br>3-Découpe du raster | 1-Ouvrir QGIS sous Ubuntu<br>2-[GDAL] Divers / Fusionner<br>3-GDAL] Extraction / Découper un raster selon une emprise |
| Sentinel 1A et sentinel 1B | données fournies par le professeur<br>Et téléchargées depuis le site internet<br>« scihub.copernicus.eu | dossier zippé intitulé<br>« nom_satellite_date_heure_etc...SHAPE.zip » | 1-Import sous SNAP<br>2-Réduire l'image à la zone de travail<br>3-Corriger la géométrie de l'image<br>4-Coloriser l'image radar<br>5-Export de l'image finale en Geotiff<br>6-Import sous Qgis<br>7-Modifier projection<br>8-Re_import la données re-projetée<br>9-Découpe du raster | 1-Glisser tout le fichier zippé<br>2-Clic droit / Spatial Subset<br>3-Radar / Geometric / Terrain Correction / Range Doppler Terrain Correction<br>4-Windows / Open RVB<br>5-Clic droit sur l'image / export View as Image / Geotiff, full screen<br>6-Ouvrir QGIS sous Ubuntu<br>7-« Enregistrer sous » sur la donnée / Paramétrer le système de projection<br><br>9-[GDAL] Extraction / Découper un raster selon une emprise |
| Sentinel1A Despeckle temporel | à partir des données travaillées ci-dessus, issues du même satellite, à la même heure et selon la même configuration (ici descendante) réparties dans le temps, on réalise une moyenne temporelle (ou despeckle temporel) pour obtenir une image plus fine en résolution tout en préservant les contours | images radar_Sentinel_1_RVB.tif | 1-Réaliser le traitement indiqué ci-dessus et découper les images radar selon une emprise identique<br>2-Import sous Qgis<br>3-Faire la moyenne temporelle (ou despeckle temporel) de toutes les images radar pour chacune des bandes (VH, VV et VV/VH)<br>4-Concaténer les trois moyennes temporelles des trois bandes | 1- voir ci-dessus<br><br>2-Ouvrir QGIS sous Ubuntu<br>3-Raster / Calculatrice Raster / rédiger l'expression de la moyenne par bande / enregistrer le résultat pour chaque bande en .tif<br><br>4-Fenêtre de commande : « otbgui_ConcatenateImages »,<br>rentrer les bandes dans l'ordre, VH, VV et VV/VH,<br>enregistrer le résultat sous "Sentinel1_despeckle_temporel_concatenate.tif" |
| Sentinel 2 | données fournies par le professeur<br>Et téléchargées depuis le site internet<br>« scihub.copernicus.eu | dossier zippé intitulé<br>« nom_satellite_date_heure_etc...SHAPE.zip » | 1-Réaliser la composition colorée de l'image en fonction des bandes<br><br>2-Lors de la composition colorée,<br>il faut des images de même résolution<br>10 m de résolution (bande 2, 3, 4 et 8)<br>20 m de résolution (bande 5, 6, 7, 8a, 11 et 12)<br>60 m de résolution (bande 1, 9 et 10)<br><br>3-Import sous Qgis<br>4-Modifier projection<br>Re_import la données re-projetée<br>5-Découpe du raster | 1-Fenêtre de commande : « otbgui_ConcatenateImages »<br>Rentrer les bandes dans l'ordre : bande 8, 4, 3 et 2 (PIR, Rouge, Vert et Bleu)<br>Pour les zones brûlées : bande 11, 8 et 3 (SWIR, PIR et Vert) Attention résolution différente !<br>Lors de la composition colorée, il faut des images de même résolution<br><br>Ici besoin de suréchantillonner la bande 11 de 20 m de résolution à 10 m de résolution<br>2-QGIS / Boite à outil de traitement / Boite à outil Orfeo / Geometry / RigidTransformResample(id)<br>2-Re-échantillonner en mode linear (biliniéaire) / X scaling : 2 / Y scaling : 2<br><br>3-Ouvrir QGIS sous Ubuntu<br>4-« Enregistrer sous » sur la donnée / Paramétrer le système de projection<br><br>5-GDAL] Extraction / Découper un raster selon une emprise |

Tableau prévisionnel

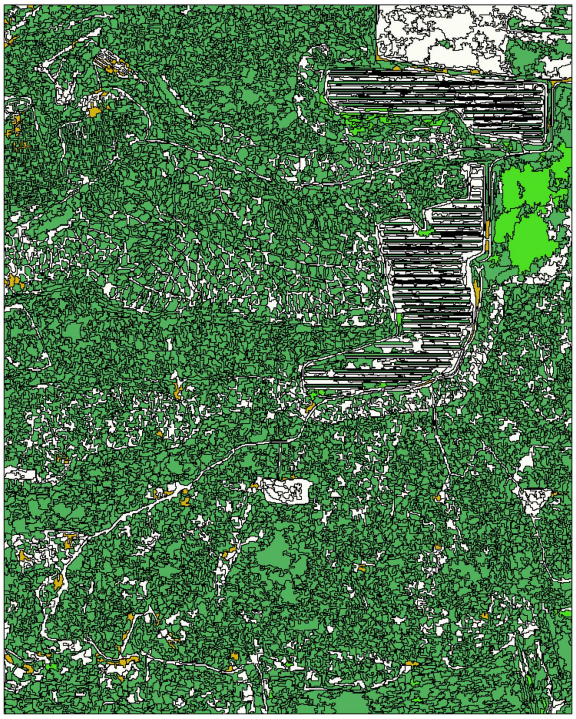
| Tâches | lun 16 | mar 17 | mer 18 | jeu 19 | ven 20 | WE | lun 23 | mar 24 | mer 25 | jeu 26 | ven 27 | WE | lun 30 | mar 31 | mer 1 | jeu 2 | ven 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Définir la zone de travail | | | | | | | | | | | | | | | | Soutenance | |
| Collecter données : inventaire, classement | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Definition des classes : se renseigner sur les classes existantes | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Production d'une nomenclature | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Choisir une méthode de classification : état de l'art | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Trouver des attributs discriminants | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fond de carte | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Segmentation - Préparation terrain | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Terrain - réalisation vérité terrain - | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Choisir une méthode de classification | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Traitement données terrain | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Qualification spatiale et statistique des résultats | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cartographie des résultats et des marges d'erreur | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Date et position des satellites - realisation pixel artificiel- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Trouver la zone -realisation pixel artificiel- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Matériaux et taille du trièdre - realisation pixel artificiel- | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | Planning du projet | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tâches | lun 16 | mar 17 | mer 18 | jeu 19 | ven 20 | WE | lun 23 | mar 24 | mer 25 | jeu 26 | ven 27 | WE | lun 30 | mar 31 | mer 1 | jeu 2 | ven 3 |
| Définir la zone de travail | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Collecter données : inventaire, classement | | | | | | | | | | | | | | | | SOUTENANCE jeudi après-midi | Soutenance autres groupes |
| Definition des classes : se renseigner sur les classes existantes | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Production d'une nomenclature | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Choisir une méthode de classification : état de l'art | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Trouver des attributs discriminants | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fond de carte | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Terrain - réalisation vérité terrain - | | | Les Buissonnades | | | | Les Marquis | | | Les Mées | | | | | | | |
| Traitement données terrain | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Qualification spatiale et statistique des résultats | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cartographie des résultats et des marges d'erreur | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Date et position des satellites - realisation pixel artificiel- | | | | | | samedi à 19h | | | | à 7h | | | | | à 19h | | |
| Trouver la zone -realisation pixel artificiel- | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Matériaux et taille du trièdre - realisation pixel artificiel- | | | | | | | | | | | | Deux trièdres supplémentaires à l'aide de carton recyclé et papier aluminium | | | | | |

TABLEAU 2 : PLANNING PREVISIONNEL ET RECAPITULATIF

Légende
- sols nus et panneaux solaires
- végétation arborescente
- herbe
- cultures

## Classification M1

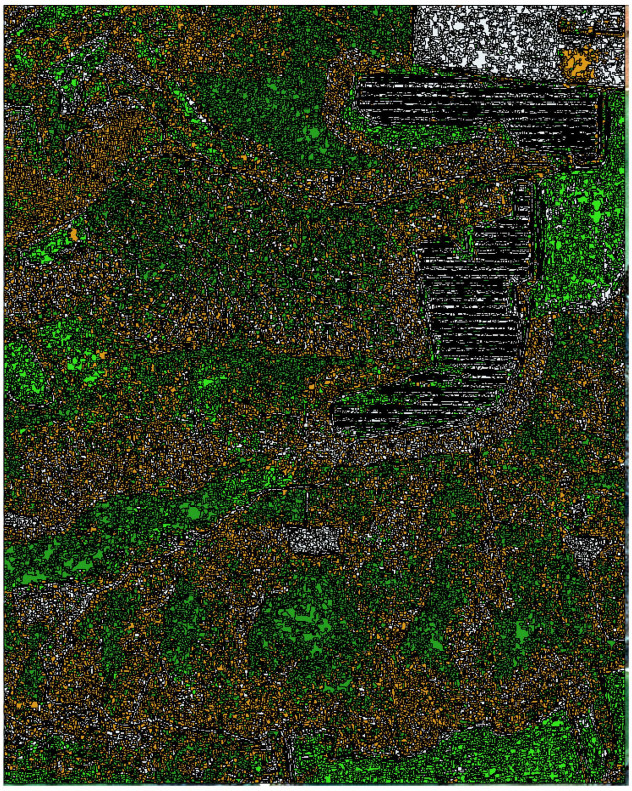


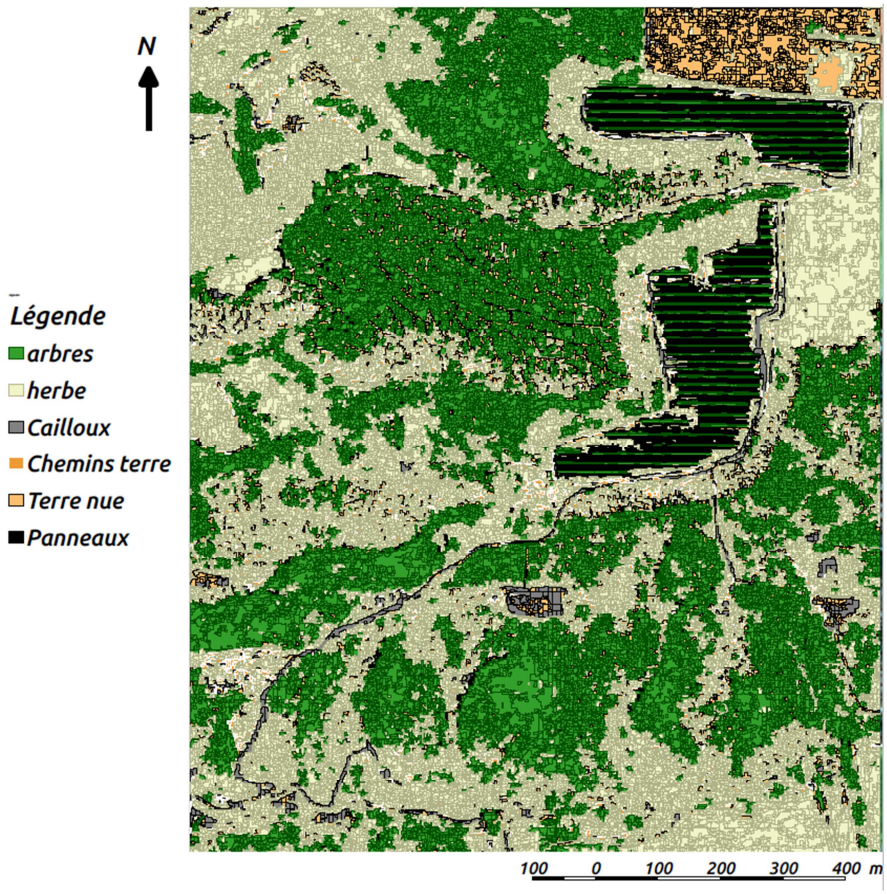
Légende
- végétation arborescente
- herbe
- cultures
- sols nus et panneaux solaires

## Classification M2

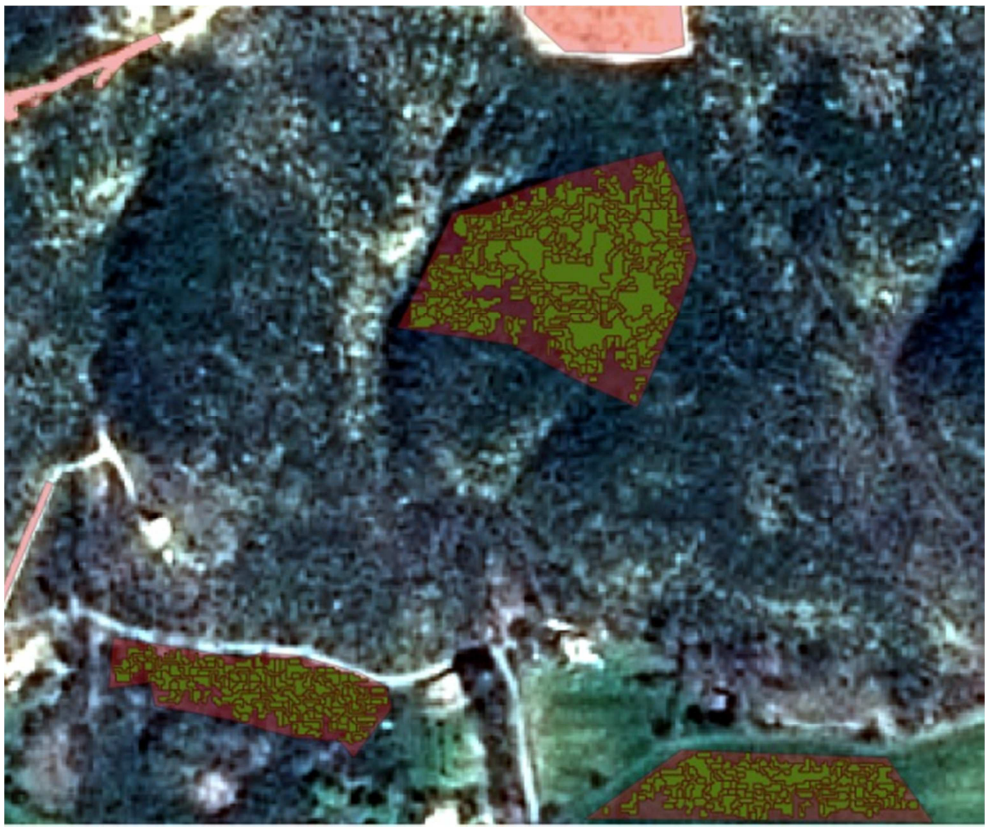
Légende
- végétation
- herbe
- cultures
- sols nus et panneaux solaires

## Classification M4






Classification par segment : M5



Visuel de l'approche de qualification par segments