

# CARACTERISATION DES SURFACES PASTORALES EN RÉGION PACA PAR SIG ET TÉLÉDÉTECTION : QUESTIONS DE MÉTHODES ET PREMIERS RÉSULTATS

Imad SHAQURA<sup>1</sup>, Jacques LASSEUR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE POUR L'AGRICULTURE, L'ALIMENTATION ET L'ENVIRONNEMENT (INRAE),  
UMR SELMET INRAE, CIRAD, l'Institut Agro Montpellier, université de Montpellier  
Bâtiment 22  
2 Place Pierre Viala, 34060 Montpellier  
1: [Imad.Shaqura@inrae.fr](mailto:Imad.Shaqura@inrae.fr)

## Résumé

Ces travaux ont pour objectif de caractériser les surfaces pastorales de la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur (PACA) en termes de distribution spatiale et de diversité des formations végétales. Afin de caractériser l'emprise spatiale des espaces pâturés, nous avons analysé deux bases de données disponibles : le registre parcellaire graphique (RPG) issu des déclarations réalisées par les agriculteurs dans le cadre de la politique agricole commune (PAC) et l'enquête pastorale (EP) effectuée à l'échelle des régions PACA et Rhône-Alpes. Nous avons ensuite caractérisé l'occupation du sol par télédétection en utilisant l'image SPOT 6, afin de distinguer cinq classes de milieux (forêts, landes fermées, landes ouvertes, pelouses, sol nu), à l'échelle d'un géo-terroir test de la région (Haut Verdon-Annot-Saint-André). Nos résultats montrent l'intérêt de produire une cartographie dédiée au pastoralisme par télédétection, selon une approche orientée objet comme voie de caractérisation de l'occupation du sol des espaces naturels pâturés, usuellement mal renseignée à cette échelle. À l'échelle du géo-terroir test, quelle que soit la source des données de spatialisation, l'usage futur de l'espace pastoral (60 %) est questionné, soit au regard des règles d'admissibilité de ces surfaces aux soutiens publics de la PAC (30 %), soit en termes d'accessibilité à moyen terme par les animaux, du fait de la forte dynamique de fermeture des milieux (30 % des surfaces déclarées appartenant à la catégorie landes fermées).

**Mots-clés :** Élevage pastoral, zone pastorale, télédétection, analyse spatiale, SPOT 6, occupation du sol

## Abstract

*The aim of this work is to characterize pastoral lands at the regional scale (Provence Alpes Côte d'Azur, south of France), in terms of spatial distribution and diversity of land cover. To identify spatial distribution, we based our study on two available databases: the graphic parcel register (RPG) gathering farmer's declarations within common agricultural policy and a the pastoral enquiry (EP) operated by local actors of Provence Alpes Côte d'Azur and Rhône Alpes regions. To analyze diversity of land cover, we used remote sensing analysis discriminating five classes of cover ( forested areas, high density heathland, low density heathland, meadows, bare lands) at a smaller scale, named "géo-terroir" (Haut Verdon-Annot- Saint André). Our results illustrate usefulness of using dedicated remote sensing to describe land cover of grazed natural areas at large scale. Whatever the spatial data source at "géo-terroir" scale, a stronger use of pastoral areas (60 %) is questioned, according to admissibility rules of these areas within the CAP (30 %), or regarding to animal accessibility to forage resources considering vegetal dynamics and encroachment of these areas already composed of scrublands (30 % of grazed areas are already considered as high density heathland).*

**Keywords:** livestock farming, pastoralism, remote sensing, spatial analysis, SPOT 6, land cover

## 1. Introduction

En Provence-Alpes-Côte-d'Azur (PACA), l'élevage occupe une place importante dans le territoire régional. Malgré son poids économique plus faible que celui d'autres secteurs agricoles, tels que la viticulture, l'arboriculture et les grandes cultures, l'élevage reste structurant en termes d'aménagement de l'espace et de maintien du tissu socio-économique des zones rurales. Il contribue aussi à la valorisation des espaces naturels et écologiquement sensibles.

Le pâturage des animaux y est souvent la seule pratique humaine mise en œuvre. Contrairement à d'autres activités agricoles (labour, fauche, clôtures) qui sont clairement délimitées dans l'espace, l'activité pastorale possède une distribution spatiale difficilement renseignée, du fait de la mobilité des animaux et des pressions de pâturage qui varient selon les lieux et les années.

Or la caractérisation de la distribution spatiale des activités d'élevage est importante pour mieux analyser le rôle du pâturage au sein de la dynamique végétale des milieux pâturés. La bonne compréhension de cette interaction permet en effet d'associer l'élevage à des opérations de gestion des espaces (maintien de milieux ouverts favorable à la biodiversité végétale, prévention des incendies, etc.). Cette identification des espaces pâturés permet aussi de mieux gérer les relations entre l'activité pastorale et les autres activités dans un contexte de multi-usage des espaces (activités touristiques et sportives de pleine nature, chasse, etc.), en particulier sur le domaine public, qui constitue une part importante des surfaces pastorales.

Enfin, on peut anticiper d'importantes réorganisations spatiales des activités pastorales qu'il est important de qualifier, liées à moyen terme à l'adaptation aux changements globaux, et à court terme aux modalités de redéfinitions de l'éligibilité des surfaces pastorales aux soutiens financiers du premier pilier de la politique agricole commune (PAC). Ceux-ci sont en effet conditionnés à un coefficient d'admissibilité affecté à chacune des parcelles déclarées en fonction du taux de recouvrement du sol par des éléments non admissibles inférieurs à 10 ares (affleurements rocheux, éboulis, litière, végétations ligneuses réputées non adaptés au pâturage). Ce coefficient définit le prorata de surfaces des parcelles pouvant bénéficier des droits à paiement de base (DPB) de la PAC (ASP, 2018).

Le changement climatique est quant à lui susceptible de modifier la disponibilité en ressources pastorales, et donc les circuits de pâturage mis en œuvre par les éleveurs, des plaines littorales aux alpages. Pour autant, la mobilité des troupeaux leur confère la capacité de s'adapter à un changement de disponibilité et d'allocation des ressources fourragères selon les milieux et les saisons (Nettier, 2016).

Identifier, spatialiser et caractériser précisément les espaces pâturés est dès lors un enjeu fort pour les éleveurs et les territoires. Pour autant, l'évaluation des étendues et la localisation des terres pâturées à l'échelle régionale, donnent lieu à des appréciations très variables : le Conseil régional de PACA mentionne 400 000 ha de

surfaces pastorales, alors que l'atlas PACA de l'élevage herbivore (INTERBEV PACA-Corse, 2017) en relève 983 000 ha. De la même manière, deux sources de données géographiques sont disponibles, qui présentent des données divergentes : le registre parcellaire graphique (RPG) (Cantelaube et Carles, 2014) et l'enquête pastorale (enquête pastorale, 2014), qui évaluent respectivement les surfaces pastorales à 553 205 ha et 877 981 ha.

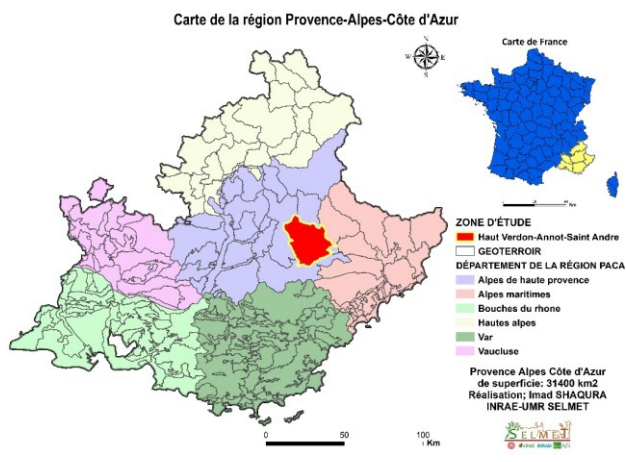
Nos travaux ont consisté à mieux caractériser l'espace pastoral de la région PACA en considérant la distribution spatiale et la diversité des formations végétales concernées. Dans un premier temps, il s'agira d'analyser la distribution spatiale des deux sources de données, le registre parcellaire graphique (RPG) et l'enquête pastorale (EP), ainsi que leurs niveaux de convergence/divergence. Notre hypothèse concernant l'écart entre ces deux sources de données vectorielles, est que le RPG intègre les espaces les plus régulièrement utilisés, correspondant plutôt à des milieux ouverts, alors que l'EP est beaucoup plus large et considère des zones moins régulièrement pâturées, qui sont caractérisées par des niveaux de fermeture des milieux et d'embroussaillage plus marqués. Dans un second temps, des données issues de la télédétection seront utilisées (Image SPOT6) sur un espace test réduit, afin de caractériser plus finement les couverts végétaux de ces espaces et valider notre hypothèse.

## 2. Matériel et méthode

### 2.1. Zone d'étude

La région PACA, située au sud-est de la France, couvre une superficie de 31 400 km<sup>2</sup> (Figure 1). L'existence d'un gradient altitudinal marqué ainsi que la présence de formations végétales contrastées conduit à une organisation de l'espace régionale en grandes entités spatiales (le littoral méditerranéen, la zone alpine et les vallées du Rhône et de la Durance). Cette diversité de l'espace géographique a contribué à l'émergence de systèmes d'élevage adaptés, s'appuyant sur une forte mobilité saisonnière des troupeaux (transhumance) entre ces espaces. Le découpage en géo-terroirs (194) mis en place en 2000 par la direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt (DRAAF), permet de distinguer des espaces homogènes en termes géomorphologiques et en termes d'orientations agricoles.

Un géo-terroir a été retenu pour conduire l'analyse exploratoire de la seconde phase de cette étude. Il s'agit du géo-terroir « Haut Verdon-Annot-Saint-André », situé dans le département des Alpes-de-Haute-Provence (04) et qui recouvre une superficie de 611,28 km<sup>2</sup>. Il s'agit d'un géo-terroir relativement diversifié, qui comprend des milieux préalpins et montagnards, et au sein duquel l'élevage occupe une place assez importante.



**Figure 1** Carte de la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur (Localisation du géo-territoire retenu pour la partie télédétection (en rouge))

## 2.2. Données vectorielles

Les données du RPG mobilisées concernent l'année 2014 afin de :

- i) Disposer d'une année de référence avant la mise en application de la PAC 2015 ;
- ii) Être synchrone avec la dernière enquête pastorale qui date de 2012/2014.

### 2.2.1. Le registre parcellaire graphique (RPG)

Depuis 2002, la France établit un registre des parcelles, le RPG, issu des déclarations PAC des agriculteurs et administré par l'agence de services et de paiement (ASP). Le RPG fournit une information géoréférencée annuelle sur l'occupation des sols. Les données donnent des informations non seulement sur l'occupation du sol, mais aussi sur les structures foncières pour chaque exploitation sur l'ensemble de la France. Jusqu'en 2015, les agriculteurs renseignaient leurs îlots de culture sur une ortho photographie au 1/5000. Selon la définition de l'ASP, un îlot « correspond à un ensemble contigu de parcelles culturales exploitées par un même agriculteur ». Cette base de données géoréférencées représente environ 27 millions d'hectares (6 millions d'îlots). De nature déclarative, elle couvre de manière assez exhaustive les terres agricoles des régions à dominante de grandes cultures et de prairies en France. Dans cette base de données, chaque îlot, au travers d'un identifiant anonyme, est rattaché à une exploitation et permet de caractériser l'activité agricole à cette échelle (Caloz et Collet, 2011), ou en lien avec une classe particulière d'occupation du sol. Depuis 2010, le système de projection est Lambert 93. Un conventionnement entre l'ASP et l'INRAE permet aux chercheurs de différentes unités de l'INRAE d'exploiter les données du RPG, niveau 4 d'information, mises à disposition par l'unité de service l'observatoire du développement rural (ODR) de l'INRAE. Nous avons choisi de ne pas exploiter, pour cette étude, les nouvelles modalités du RPG post 2015, afin de ménager le caractère synchrone entre nos deux sources de données (2014).

### 2.2.2. L'enquête pastorale (EP)

Les espaces pastoraux des zones de montagne sont principalement utilisés de manière saisonnière (estive), sous forme collective. Ces modes d'utilisation collectifs sont particulièrement mal renseignés dans les dispositifs usuels d'enquêtes agricoles réalisés à l'échelle individuelle (recensement agricole, en particulier). Trois enquêtes pastorales ont été réalisées à l'échelle du massif alpin depuis les années 1960. La dernière enquête pastorale a été réalisée en 2012-2014. Compte tenu de l'ampleur du dispositif d'enquêtes mobilisé (enquêtes exhaustives sur tout le territoire du massif), cette opération de recensement des surfaces pastorales de plus de 10 ha n'a lieu que tous les 10 à 15 ans dans le massif alpin et les territoires pastoraux des régions Rhône-Alpes et PACA. La définition retenue des surfaces recensées est la suivante :

*Surfaces présentant toujours une ressource pastorale spontanée herbacée, arbustive et/ou arborée, dont la valorisation est réalisée exclusivement par le pâturage de troupeaux ovins, bovins, caprins ou équins* (Enquête pastorale, 2014).

L'enquête pastorale se traduit notamment sous la forme d'une base de données géoréférencées. Les entités pastorales recensées sont localisées sur des fonds cartographiques IGN Scan 25 ou BD Ortho (à l'échelle 1/25 000, projection en Lambert 93). L'enquête pastorale porte sur deux grands types de surfaces pastorales, définies selon leurs fonctions pastorales : les unités pastorales (UP) à fonction spécialisée d'accueil des animaux durant la période estivale, et les zones pastorales (ZP) n'ayant pas de fonction spécialisée d'estive, et qui se caractérisent donc par leur fonction d'intersaison ou d'hivernage (pouvant néanmoins parfois accueillir des animaux l'été, en complément). La nomenclature du type de milieu recensé identifie les catégories suivantes : surface en herbe, landes, sous-bois pâturé et prés bois, et divers (très forte hétérogénéité). Ces données nous ont été fournies pour cette étude par le Centre d'études et de réalisations pastorales Alpes Méditerranée (CERPAM), qui est une association de développement agricole en charge des questions pastorales à l'échelle de la région PACA.

## 2.3. Image SPOT 6

L'image SPOT 6 du 8 juin 2014, a été fournie par EQUIPEX GEOSUD, qui a pour ambition première d'acquérir chaque année une couverture nationale d'images satellites à haute résolution spatiale, acquise en période estivale en fonction du taux de couverture nuageuse toléré. Ces données satellitaires sont mises gratuitement à la disposition de tous les acteurs publics nationaux ayant préalablement adhéré au dispositif.

Les caractéristiques techniques des images SPOT 6 | 7 sont les suivantes :

- Les images acquises par ces satellites ont une fauchée de 60 km ;
- Les satellites SPOT 6 | 7 permettent une acquisition d'image en deux modes simultanément :

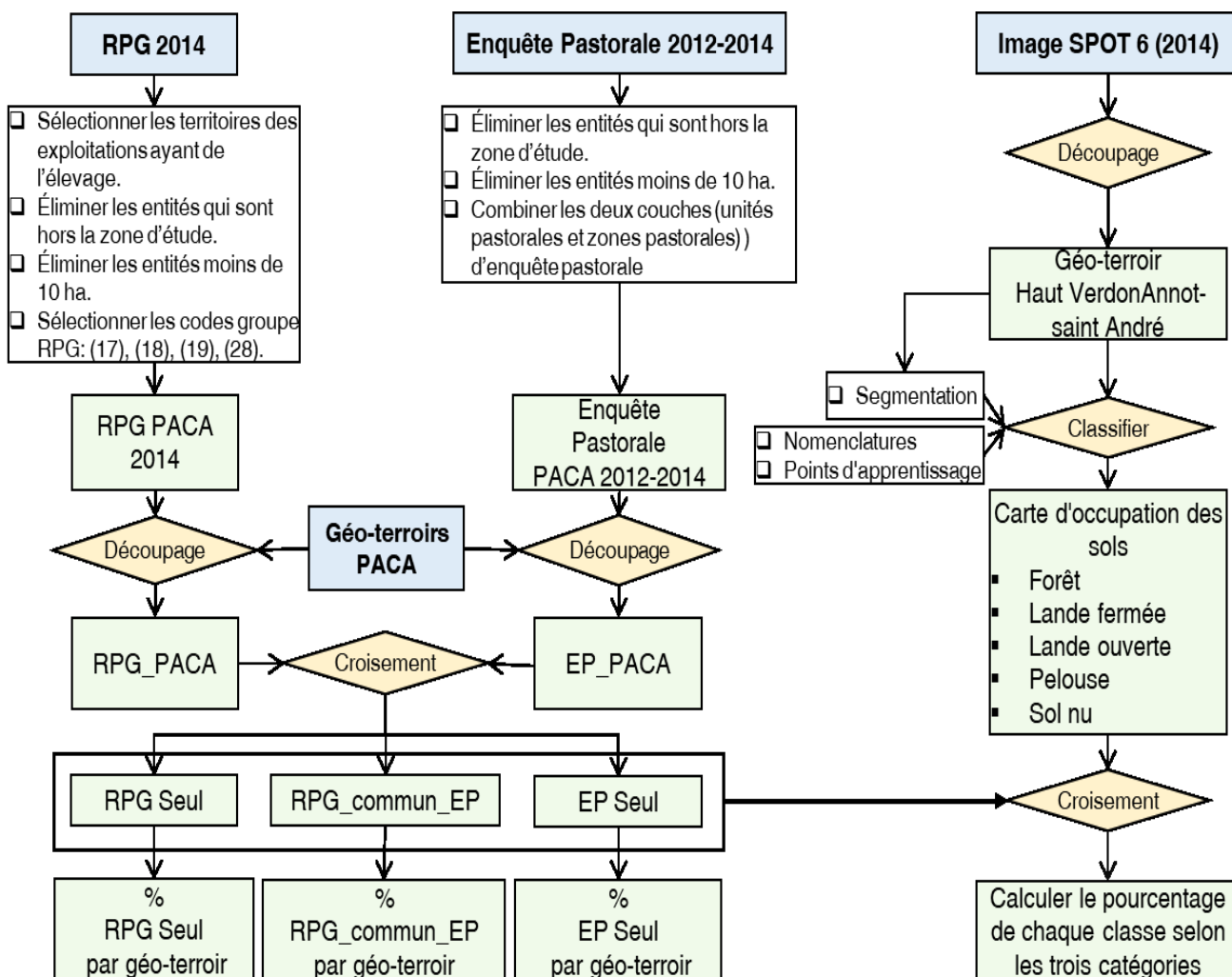
- Panchromatique de 1,5 m de résolution : ce produit inclut une seule bande dans les longueurs d'onde entre 0,45 µm et 0,745 µm,
- Multi-spectral de 6 m de résolution : se compose de quatre bandes spectrales : B1 (Rouge 0,530 µm-0,590 µm), B2 (Vert 0,760 µm - 0,695 µm), B3 (Bleu 0,455 µm - 0,525 µm), et B4 (PIR 0,760 µm - 0,890 µm).

Le premier objectif consiste à analyser les écarts entre les deux sources de données spatialisées (RPG et EP), permettant d'aboutir à une cartographie regroupant trois catégories d'espace, selon qu'ils sont communs aux deux bases ou spécifiques de l'une ou de l'autre. Le second objectif consiste à caractériser les milieux pâturés par la télédétection, en s'appuyant sur une image SPOT6. Nous avons ensuite réalisé un croisement de ces deux analyses.

## 2.3. Méthodes

### 2.3.1. Orientation générale

Pour caractériser les surfaces pastorales, nous avons mis en œuvre la méthodologie présentée en Figure 2. Le



**Figure 2** Schéma de la méthodologie retenue

### 2.3.2. Estimer l'étendue de l'espace pastoral régional

Ce travail se base sur les données vectorielles RPG de l'année 2014 et de l'enquête pastorale réalisée entre 2012 et 2014. La préparation et le traitement des données vectorielles a consisté à :

1. Éliminer les entités spatiales de moins de 10 ha dans le RPG, pour être homogène avec les données recueillies dans l'enquête pastorale.
2. Retenir pour le fichier de RPG les îlots dont le code du groupe concerne des zones pastorales, soit les codes groupe (17) estives landes, (18) prairies permanentes, (19) prairies temporaires, et (28) divers.
3. Combiner les deux couches (unités pastorales et zones pastorales) de l'enquête pastorale afin d'obtenir une seule couche pour la zone d'étude.
4. Redécouper les couches du RPG et de l'EP en géoterritoires (figures 7 et 8 - annexe).

5. Créer les trois couches issues du croisement entre les bases de données du RPG et l'EP, (RPG\_Seul, RPG\_commune\_EP, et EP\_Seul), qui ont été réalisées avec l'outil de géo-traitement Intersection sous Arc Gis 10.4.1.
6. Après la création des trois couches, recalculer les surfaces des entités spatiales pour chaque catégorie, puis calculer le pourcentage de chaque catégorie pour les 194 géo-terroirs.

### 2.3.3. Caractériser les surfaces pastorales par télédétection

Cette étape a pour but de caractériser, à partir de méthodes de télédétection, les différentes unités d'espaces non cultivées pâturées, selon leur appartenance à l'une ou l'autre des catégories des bases de données traitées (commune aux deux ou spécifiquement présente dans l'une ou l'autre base), en les distinguant selon leur catégorie d'occupation du sol (forêts, landes fermées, landes ouvertes, sol nu). Le fait de classer les occupations du sol selon les niveaux de couverture ligneuse permet en effet de :

- a) Rendre compte de la pénétrabilité des espaces pour le pâturage des animaux ;
- b) Distinguer les espaces avec peu de ressources pâturables disponibles (sol nu, forêts) ;
- c) Rendre compte de la dynamique de fermeture des milieux par rapport à leur niveau d'embroussaillage ;
- d) Situer ces différentes entités en regard de l'évolution réglementaire d'admissibilité des surfaces au soutien de la PAC.

La classification de la zone d'étude est réalisée à partir de l'image SPOT 6 à 6 m de résolution spatiale (un pixel = 0,0036 ha). Nous calculons ensuite le pourcentage des différentes classes dans chaque entité pastorale selon les trois catégories obtenues dans la première phase d'analyse, afin d'avoir une vue précise du contenu de l'occupation des sols concerné par l'activité pastorale dans la région PACA.

Il existe de nombreuses méthodes de traitement des données satellitaires permettant de classer l'occupation du sol. La littérature nous a permis de cibler l'approche orientée-objet (Corbane *et al.*, 2004; Sparfel *et al.*, 2010; Sellin *et al.*, 2015; Dupuy et Gaetano, 2019). Cette approche ne traite pas le pixel de manière isolée, mais dans son contexte en regroupant des pixels au sein d'objets homogènes interprétés en se basant à la fois sur les attributs spatiaux (taille, forme, texture, ensemble, association spatiale) et sur les valeurs spectrales, ce qui améliore considérablement la qualité de l'information extraite des images à très haute résolution spatiale (Benz *et al.*, 2004).

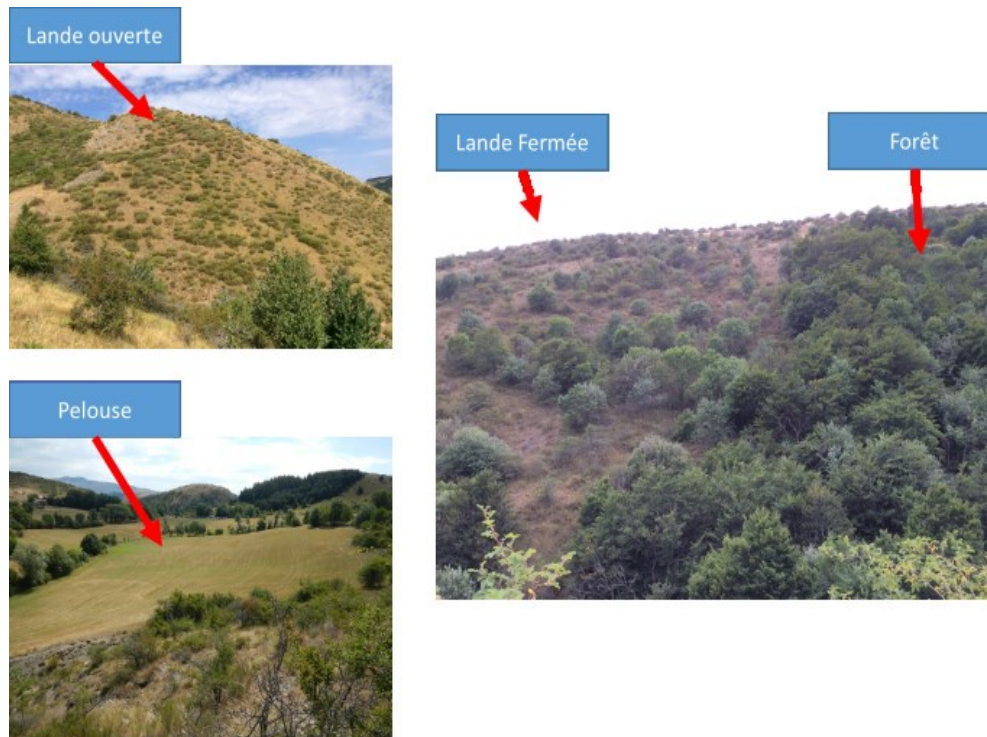
Depuis les années 1990, la présence des capteurs à haute résolution et très haute résolution spatiale a fortement

contribué au développement des méthodes d'analyse et de traitement d'images satellitaires ou aériennes (De Kok *et al.*, 1999). Ces capteurs fournissent des images dont la résolution spatiale est inférieure ou égale à dix mètres. Avec cette amélioration de la résolution spatiale et le maintien de la même information spectrale, les objets sont de plus en plus difficiles à isoler par la seule approche par pixel (Caloz et Collet, 2011). Celle-ci entraîne notamment un effet « poivre et sel » sur les images (Blaschke, 2010) et montre les limites de la classification par pixel sur les zones très hétérogènes : « Plus la résolution spatiale est fine, plus l'hétérogénéité des objets à extraire croît, rendant les méthodes spectrales de moins en moins performantes. » (Sparfel *et al.*, 2010) « Par ailleurs, la multiplication des applications basées sur l'information satellitaire et la nécessité de pouvoir croiser les données issues de la télédétection et les données SIG au format vecteur, ont participé au développement de l'approche orientée objet auprès d'un public plus large. » (Hay et Castilla, 2006 ; Rossignol, 2012)

L'approche de classification supervisée (El kharki *et al.*, 2015) a été retenue pour classer l'image : des connaissances *a priori* sont utilisées pour la création des classes, celle-ci sont caractérisées à partir de la saisie des échantillons de terrain ou parcelles d'entraînement.

La méthode proposée pour classer les milieux a été mise en œuvre sur une zone test relativement complexe (hétérogénéité et diversité des entités pastorales) dans l'objectif de valider l'approche et de l'étendre ensuite à un géo-terroir entier : le géo-terroir « Haut Verdon-Annot-Saint-André ». La préparation et le traitement des données rasters a consisté à :

1. Mobiliser l'image SPOT 6, de 8 juin 2014 déjà orthorectifiée.
2. Extraire la zone test dans le milieu préalpin à Saint-Geniez, Authon.
3. Définir de la nomenclature (Figure 3) : les classes ont été définies à dire d'expert en fonction de l'accessibilité et de la pénétration possible des animaux, en se rapprochant des critères de la définition de l'éligibilité aux soutiens de la PAC.
  - Forêt : correspond à une couverture très dense d'arbres et de végétaux. Elle est considérée comme étant ni accessible, ni pénétrable par les animaux.
  - Lande fermée : correspond à une couverture de végétaux non cultivés (ligneux ou non ligneux) composée d'arbres en croissance et de ligneux de moins de 1,5 m de hauteur. Elle est plus ou moins accessible, et pénétrable par les animaux.
  - Lande ouverte : elle correspond à une couverture de végétaux non cultivés de hauteur maximale inférieure à 30 cm intégralement accessible.
  - Pelouse : elle correspond à une couverture herbacée de végétation naturelle plus ou moins dense.



**Figure 3** Photographies géo référencées utilisées pour la définition de la nomenclature des classes

(Crédit photos : P. Bonnet, Localisation : Saint Geniez, Authon (04))

4. Segmenter par fusion de régions en utilisant le critère d'homogénéité de Baatz et Schape (Baatz et Schäpe, 2000) combinant à la fois l'information spectrale et l'information spatiale. Cette méthode de segmentation par critère d'homogénéité est bien adaptée au traitement d'images à haute résolution (Lassalle *et al.*, 2015), car elle fournit des segments d'image plus précis, y compris pour des objets hétérogènes. La segmentation multi-résolution par le critère de Baatz et Schape nécessite de calibrer préalablement trois paramètres :
    - Définir l'échelle pour fixer une limite de seuil d'hétérogénéité des objets produits. Les objets sortant de la segmentation seront plus grands si les données sont homogènes, et plus petits si elles sont hétérogènes.
    - Définir l'homogénéité spectrale qui détermine l'importance relative de la radiométrie et le critère de fusion d'objet.
    - Définir l'homogénéité spatiale : il définit l'importance de la forme de l'objet, qui constitue une valeur importante pour caractériser des objets de forme compacte.

Après plusieurs tests de segmentation réalisés *via* l'application Generic Region Merging *GRM* qui est déjà intégrée dans OrfeoToolbox (Remote Module), nous avons retenu les paramètres suivants : seuil du critère : 100, homogénéité spectrale : 0,6 et homogénéité spatiale : 0,9 (figure 9).
  5. Mobiliser l'outil de statistiques de zone nous a permis de calculer la moyenne et l'écart-type par objet pour les quatre bandes spectrales de l'image, et ainsi de caractériser chaque objet de notre couche segmentée.
  6. Créer notre jeu d'apprentissage à partir de la couche segmentée, réalisée en sélectionnant des objets en tant qu'échantillons de notre classe.
  7. Effectuer la classification supervisée (Bayes) de l'image.
  8. Évaluer la qualité de la classification par matrice de confusion
  9. Valider sur le terrain la carte et collecter des points GPS de vérité de terrain pour chaque classe.
- Cette méthode a été appliquée au géo-terroir « Haut Verdon-Annot-Saint-André » qui recouvre une superficie de 611km<sup>2</sup>, et pour lequel nous avons mobilisé les données d'apprentissage suivantes : 415 échantillons d'une surface totale de 661 ha, soit 50 objets par classe, sauf pour la classe sol nu, qui est très diversifiée (rochers, routes, chemins, terres agricoles nues, sol nu autour de la rivière). Afin d'atteindre une précision satisfaisante pour cette classe, nous avons augmenté le nombre d'échantillons à 163 objets. Ces données ont été acquises par photo-interprétation (Figure 10).

### 3. Résultats

#### 3.1 Estimation de l'étendue de l'espace pastoral régional

Le croisement entre les bases de données RPG et l'enquête pastorale nous a permis de :

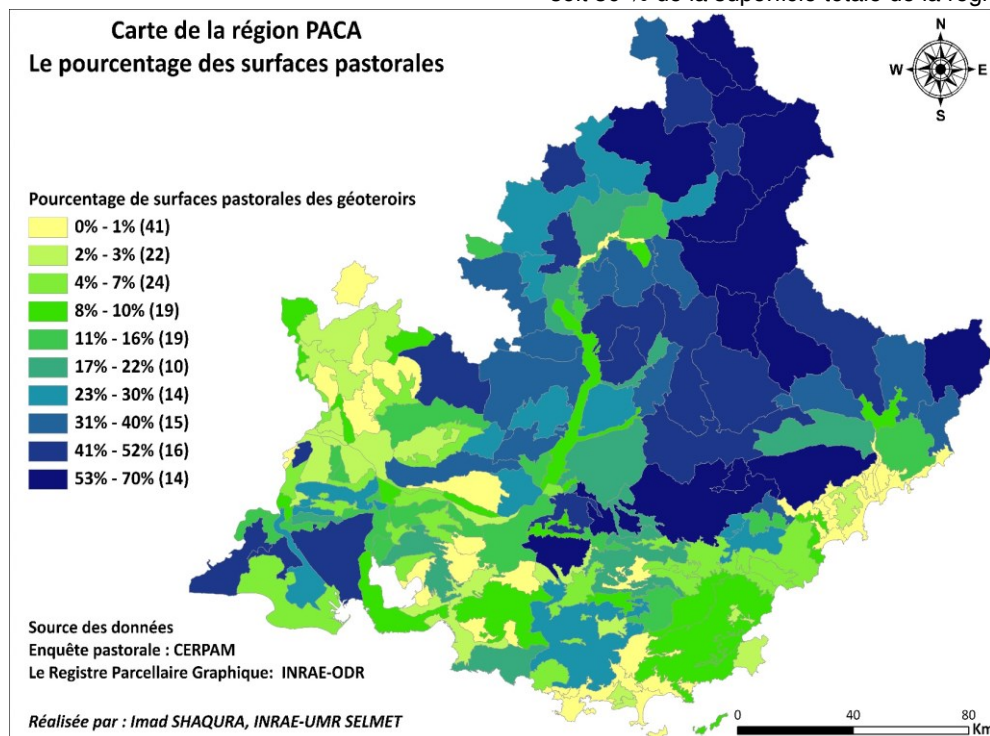


Figure 4 Pourcentage de surfaces pastorales des 194 géoteroirs (Enquête pastorale 2012/2014, le registre parcellaire graphique RPG 2014)

2. **Caractériser les niveaux de convergence entre ces deux bases de données.** Les surfaces déclarées au RPG sont distribuées entre des catégories d'occupation du sol déclarées : « les codes groupes ». Le tableau 1 présente le pourcentage de surface pour chacun de ces « code de groupe culture » liés au pâturage dans le RPG, et de manière commune avec l'enquête pastorale. Près de 84 % de la surface des estives landes et 77 % des surfaces de la catégorie « divers » (qui regroupent en grand nombre de surfaces d'estives) sont communes aux RPG et l'EP. On observe donc un niveau de convergence élevé pour ces types de surfaces. En revanche, seulement 50 % des surfaces de prairies permanentes sont communes aux deux bases de données. Cette situation révèle donc l'existence d'un fort niveau d'incertitude concernant le recensement de ce type de surfaces, alors que cette catégorie, par les enjeux environnementaux qui lui sont propres, est l'objet de beaucoup d'attention de la part des politiques publiques. Les prairies temporaires sont aussi caractérisées par un fort taux de divergence, qui peut s'expliquer par le fait que l'enquête pastorale n'est pas conçue initialement pour inventorier ce type de surfaces. (Tableau 1).

1. **Mieux décrire l'emprise de l'élevage sur le territoire de la région PACA.** La figure 4 représente, pour chaque géo-terroir, la proportion de surfaces pastorales, obtenue en cumulant l'ensemble des unités spatiales référencées dans l'EP ou le RPG. Ainsi, après rapprochement de ces deux bases de données, les zones pastorales et herbagères couvriraient en surfaces cumulées 954 240 ha, soit 30 % de la superficie totale de la région.

D'une manière globale, à l'échelle régionale, seulement 49 % de la superficie de l'enquête pastorale est commune avec celle du RPG.

Code du groupe de culture pastorale	RPG total (en ha)	RPG seul (en ha)	RPG commun EP (en ha)	RPG commun EP (en %)
17 Estives landes	374 634	60 478	314 156	84 %
18 Prairies permanentes	30 727	15 224	15 503	50 %
19 Prairies temporaires	18 838	12 311	6 527	35 %
28 Divers	99 707	22 633	77 074	77 %
<b>Totale</b>	<b>523 906</b>	<b>110 646</b>	<b>413 260</b>	

Tableau 1 Niveau de convergence entre Enquête pastorale et RPG.

*Pour les quatre groupes de culture du RPG concernés par le pâturage, les surfaces sont comptabilisées en fonction de leur présence dans l'une ou l'autre des bases de données ou conjointement dans les deux. La dernière colonne 4 indique le pourcentage de surface commun aux deux bases, rapporté à la surface totale déclarée au RPG.*

3. Les cartes présentées en figure 5 permettent d'analyser la distribution géographique des convergences/ divergences entre les deux bases de données. La figure 5.a qui représente les zones de convergence entre le RPG et l'EP, identifie clairement les zones d'estive (zone de montagne au nord-est de la région). À l'inverse, plusieurs zones se caractérisent par

une différence significative entre les deux bases de données. Pour l'EP seule (figure 5.b) il s'agit en particulier de la partie Sud de la région (les géo-terroirs des Bouches du Rhône, Var et Alpes Maritimes). Pour le RPG seul (figure 5.c) il s'agit plus particulièrement des géo-terroirs de l'ouest de la région.

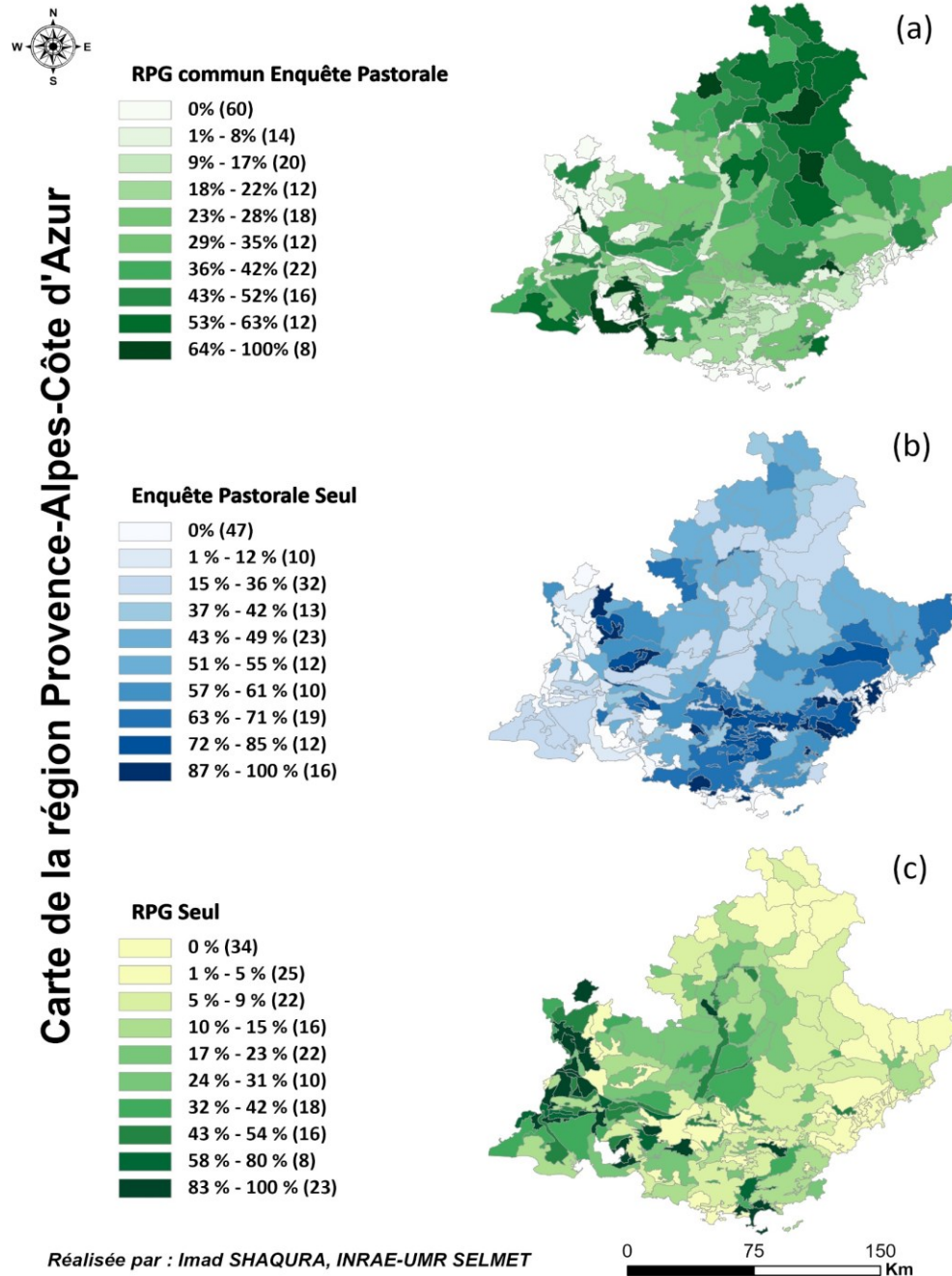


Figure 5 Distribution géographique des zones pastorales selon ces convergences/ divergences entre les deux bases de données à l'échelle des Géo-terroirs

4. L'EP et le RPG divergent ainsi très fortement en matière de surface couverte. Ces divergences varient selon les catégories de surface : on note une bonne convergence au niveau des pâturages d'altitude, une faible convergence pour les espaces de basse altitude,

surreprésentés dans l'enquête pastorale. On note ainsi une complémentarité entre ces sources pour identifier les espaces pâturés de la région. Il reste cependant difficile, à ce stade, d'en définir l'étendue « réelle ».



### 3.2. Caractériser les surfaces pastorales par télédétection

Les résultats du processus de classification d'images SPOT 6 sont satisfaisants, selon le rapport des matrices de confusion donné par l'algorithme de classification supervisée (Bayes) de QGIS, implémenté dans l'Orfeo ToolBox (OTB). Le carte d'occupation résultante est illustrée par la figure 6. La matrice de confusion pour la classification permet de connaître le pourcentage de pixels bien classés par rapport à la réalité. Nous avons une précision globale de 86,8 et un indice Kappa de 84,2. Selon la proportion de la précision utilisateur, les deux

classes, forêt (97,8) et sol nu (95,4), sont correctement classifiées (Tableau 2 - annexe).

Le tableau 3 montre les pourcentages des 5 classes dans les trois catégories, pour le géo-terroir « Haut Verdon-Annot-Saint-André ». Les répartitions entre les différentes classes d'occupation du sol selon la source des données (EP et RPG) sont convergentes.

On peut souligner les faibles valeurs des surfaces forestières (respectivement 5 % et 2,8 %). La répartition entre les différentes catégories montre une légère surreprésentation de ces dernières dans l'enquête pastorale.

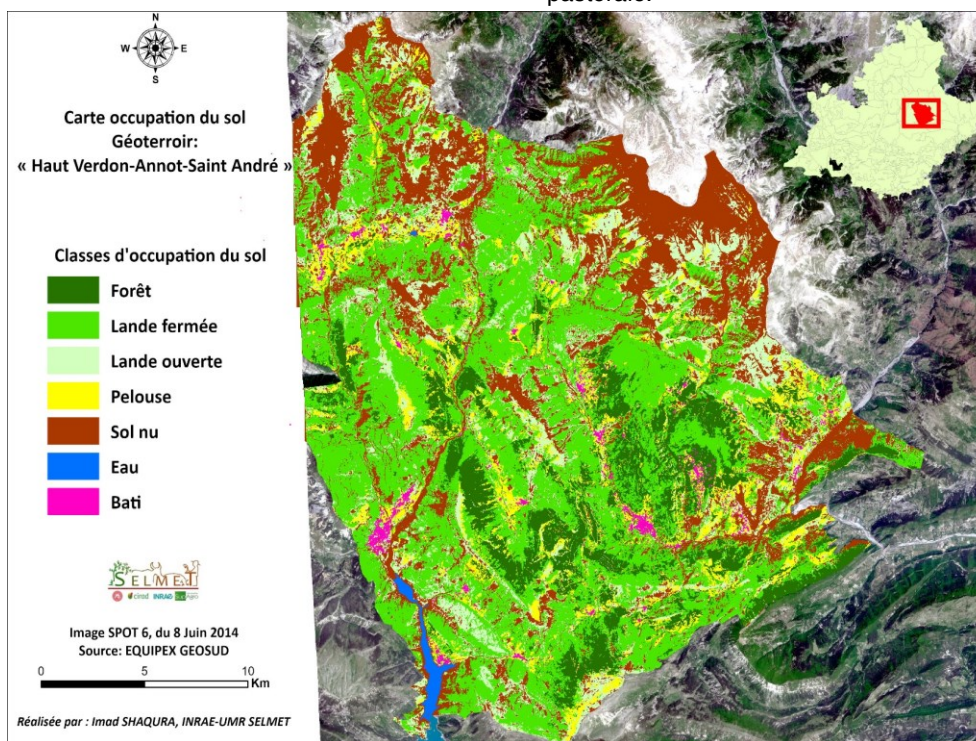


Figure 6 Carte d'occupation du sol du géo-terroir « Haut Verdon-Annot-Saint-André »

À l'opposé, la classe sol nu est très représentée dans les bases de données EP et RPG, représentant respectivement 31 % et 32 % de la surface totale. L'importance des espaces d'estive de haute montagne dans ce géo-terroir explique ces fortes valeurs (Figure 11-annexe). Ces deux classes, forêt et sol nu, regroupent les surfaces dont l'admissibilité aux dispositifs de soutien de la PAC sont remises en cause.

La classe lande fermée représente la proportion de surface la plus élevée, quelle que soit la source des données obtenues (respectivement 36 % et 34 %). Compte tenu des dynamiques végétales à l'œuvre dans ce type de milieu, leur accessibilité par des animaux pourrait ainsi être remise en question dans le futur.

Enfin, selon les sources de données, les classes lande ouverte et pelouse, qui constituent les espaces pastoraux par excellence, ne représentent, en cumulé, que 28 % à 31 % des surfaces totales.

### 4. Conclusion et perspective

La caractérisation de l'espace pâturé, pour des activités d'élevage reposant sur la mobilité et concernant des espaces peu anthropisés aux statuts fonciers diversifiés, pose des problèmes méthodologiques spécifiques en regard d'autres activités agricoles ou d'élevage. Ceci suppose la mise en œuvre de méthodologies mobilisant un couplage entre des sources de données contrastées et le recours à des modes de caractérisation d'occupation du sol pour lesquels la télédétection présente un grand intérêt.

Notre étude en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) illustre la grande incertitude caractérisant la quantification de l'espace pâturé selon les sources de données utilisées, sans qu'il ne soit possible, à ce stade, d'arbitrer entre ces fortes divergences. Notre hypothèse de départ était que les espaces communs aux deux sources de données exploitées constitueraient l'espace le plus intensément utilisé par le pâturage, alors que les entités recensées uniquement dans l'enquête pastorale constitueraient un espace périphérique des territoires

pâturés, couverts de formations fortement ligneuses. Valider cette hypothèse suppose un croisement entre caractérisation des usages par le pâturage et occupation des sols. Compte tenu de l'absence de cartographies caractérisant les modes d'occupation du sol croisés avec les activités pastorales, nous avons eu recours à la télédétection pour constituer notre propre carte. Cette cartographie de l'occupation du sol des surfaces pastorales, réalisée à l'échelle d'un géo-terroir typique des Alpes du Sud, utilisant de l'image SPOT6 et classification orientée objet basée sur la méthode de segmentation par fusion de régions utilisant le critère Baatz et Shape, qui a donné des résultats de précision très satisfaisants. La bonne précision, notamment pour les classes lande ouverte, pelouses et lande fermées, ainsi que la comparaison avec l'occupation des sols de Thiae (issue de classification des images satellites Sentinel de résolution spatiale de 10 m), illustre l'intérêt de la production d'une carte d'occupation du sol des surfaces pastorales à l'échelle régionale en utilisant l'image SPOT avec l'approche de classification orientée objet.

Cette proposition méthodologique nous a permis de caractériser les espaces pastoraux par télédétection. Toutefois, la précision de la classification des végétations spontanées pour les trois classes (lande ouverte, pelouses, lande fermée) pourrait être affinée, en intégrant l'indice textural (Alleaume *et al.*, 2018; Thierion *et al.*, 2014) de manière à augmenter le niveau de précision de ces trois classes. Une analyse de la dynamique pluriannuelle d'évolution de l'occupation du sol des espaces naturels pâturés dans les régions méditerranéennes française constituerait une étape ultérieure à ce travail.

Sur la base des résultats obtenus à l'échelle du géo-terroir « Haut Verdon-Annot-Saint-André », la très forte représentation des surfaces de sol nu et forêts d'une part, et de landes fermées d'autre part (65 à 70 % de surfaces cumulées selon les sources), illustrent la très grande fragilité de l'activité pastorale. En effet, que ce soit en regard des évolutions de la PAC, qui tend à exclure les espaces forestiers ou à couverts végétaux très faible des soutiens agricoles, ou en lien avec les dynamiques végétales à l'œuvre dans les landes fermées (en très grande proportion), l'activité pastorale risque à court terme de se trouver très fortement impactée.

#### Remerciements :

Nous tenons à remercier Madame Agnès BEGUE pour ses précieux conseils au cours de cette recherche.

#### 5. Références

- Alleaume, S., Dusseux, P., Thierion, V., Commagnac, L., Laventure, S., Lang, M., Féret, J., Hubert-Moy, L. et Luque, S. (2018). *A generic remote sensing approach to derive operational essential biodiversity variables (EBVs) for conservation planning*. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(8), 1822-1836. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13033>
- ASP (2018). *Guide national d'aide à la déclaration du taux d'admissibilité des prairies et pâturages permanents*. <http://agriculture.gouv.fr/declaration-pac-comment-determiner-ladmissibilite-des-surfaces-de-prairies-et-paturages>
- Baatz, M. et Schäpe, A. (2000). *Multiresolution Segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation*. *Angewandte Geographische Information Sverarbeitung*, 12, 12-23.
- Benz, U. C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I. et Heynen, M. (2004). *Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information*. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, 58(3), 239-258.
- Blaschke, T. (2010). *Object based image analysis for remote sensing*. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 65(1), 2-16.
- Caloz, R. et Collet, C. (2011). *Analyse spatiale de l'information géographique*. PPUR Presses polytechniques. 384 p.
- Cantelaube, P. et Carles, M. (2014). *Le registre parcellaire graphique: des données géographiques pour décrire la couverture du sol agricole*. *Le Cahier des Techniques de IINRA*, 58-64.
- Corbane, C., Baghdadi, N., Hosford, S., Somma, J. et Chevrel, S. (2004). *Application d'une méthode de classification orientée objet pour la mise à jour d'une carte d'occupation du sol: résultats sur ASTER et landsat ETM*. *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, 175 (2004-3), 13-26.
- De Kok, R., Schneider, T., Baatz, M. et Ammer, U. (1999). *Object based image analysis of high-resolution data in the alpine forest area*. *JointWS ISPRS WG I/1, I/3 and IV/4: Sensors and Mapping FromSpace 1999*. Hannover, September 27-30., 9 p.
- Dupuy, S. et Gaetano, R. (2019). *Production des cartes de l'occupation du sol agricole à la Réunion*

- à partir d'images satellites 2016 – 2019. Rapport méthodologique. 61 p. [http://agritrop.cirad.fr/594135/1/Rapport\\_carto\\_GABIR\\_2017-2018\\_v3.pdf](http://agritrop.cirad.fr/594135/1/Rapport_carto_GABIR_2017-2018_v3.pdf)
- El kharki, O., Mechbouh, J., Ducrot, D., Rouchdi, M. et Ngono, J. M. (2015). *Panorama sur les méthodes de classification des images satellites et techniques d'amélioration de la précision de la classification*. Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection, (210), 23-38. <https://doi.org/10.52638/rfpt.2015.259>
- Enquête pastorale. (2014). *Une nouvelle enquête pastorale 2012/2014 sur le Massif des Alpes et les territoires pastoraux des Régions Rhône-Alpes et Provence Alpes Côte d'Azur Principes, bases méthodologiques et modalités de valorisation des données*. 74 p. [http://enquete-pastorale.irstea.fr/zone\\_telechargement.php](http://enquete-pastorale.irstea.fr/zone_telechargement.php)
- Hay, G. J. et Castilla, G. (2006). *Object-based image analysis: strengths, weaknesses, opportunities and threats (SWOT)* (p. 4-5). [http://www.isprs.org/proceedings/xxxvi/4-c42/Papers/OBIA2006\\_Hay\\_Castilla.pdf](http://www.isprs.org/proceedings/xxxvi/4-c42/Papers/OBIA2006_Hay_Castilla.pdf)
- INTERBEV PACA-Corse. (2017). *Atlas PACA de l'élevage herbivore*. 72 p. [http://www.la-viande.fr/sites/default/files/documenttheque/atlas-provence-alpes-cote-d\\_azur-elevage-herbivore-w.pdf](http://www.la-viande.fr/sites/default/files/documenttheque/atlas-provence-alpes-cote-d_azur-elevage-herbivore-w.pdf)
- Lassalle, P., Inglada, J., Michel, J., Grizonnet, M. et Malik, J. (2015). *A Scalable Tile-Based Framework for Region-Merging Segmentation*. IEE transactions on geoscience and remote sensing, 53(10), 14 p.
- Nettier, B. (2016). *Adaptation au changement climatique sur les alpages. Modéliser le système alpage-exploitations pour renouveler les cadres d'analyse de la gestion des alpages par les systèmes pastoraux*. thèse sciences agricoles, Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II.
- Rosignol, H. (2012). *Méthode d'identification et de cartographie des terres agricoles en friches par télédétection à La Réunion*. <https://ead-shs.univ-st-etienne.fr/claroline/backends/download.php?url=LzlwMTlvMjAxMI9Sb3NzaWdub2wucGRm&cidReset=true&cidReq=M2SIGTRAVAUX>
- Sellin, V., Magnanon, S., Gourmelon, F., Debaine, F. et Nabucet, J. (2015). *Etude expérimentale en cartographie de la végétation par télédétection*. Cybergeog: European Journal of Geography.
- Sparfel, L., Gourmelon, F. et Le berre, I. (2010). *Approche orientée-objet de l'occupation des sols en zone côtière. Télédétection, 8(4), 237-256*.
- Thierion, V., Alleaume, S., Jacqueminet, C., Vigneau, C., Michel, K. et Luque, S. (2014). *The potential of Pléiades imagery for vegetation mapping: an example of grasslands and pastoral environments*. Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection, (208), 105-110. <https://doi.org/10.52638/rfpt.2014.124>

Annexes :

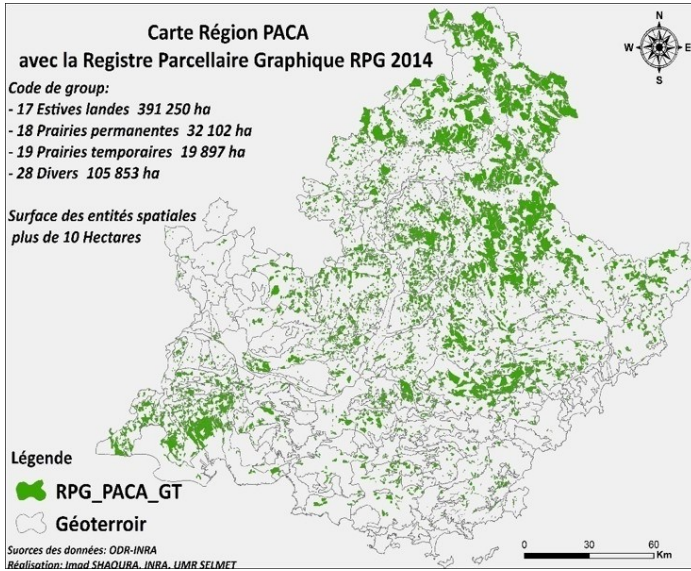


Figure 7 Carte du registre parcellaire graphique (RPG) prétraitée.

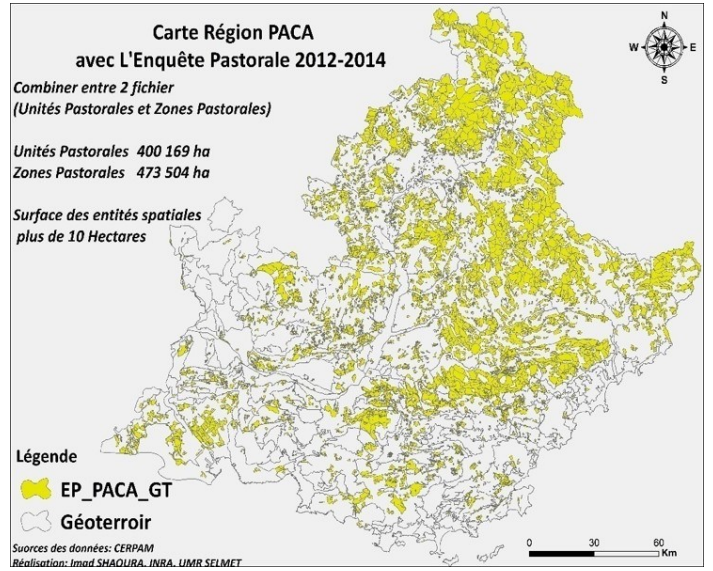


Figure 8 Carte de l'enquête pastorale (EP) prétraitée

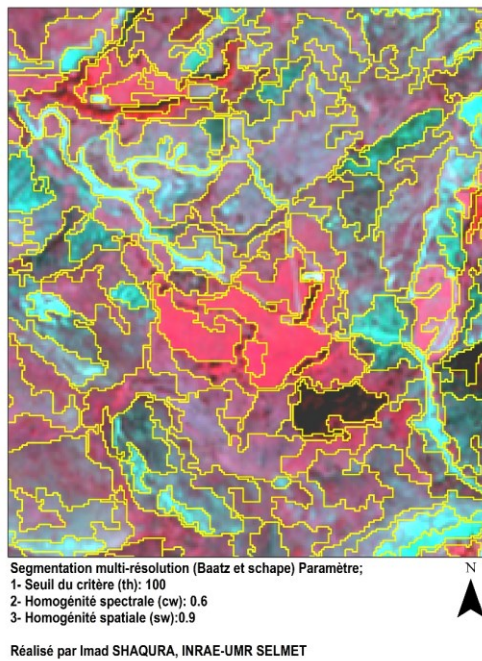


Figure 9 Segmentation de la zone test dans le milieu préalpin à Saint-Geniez, Authon

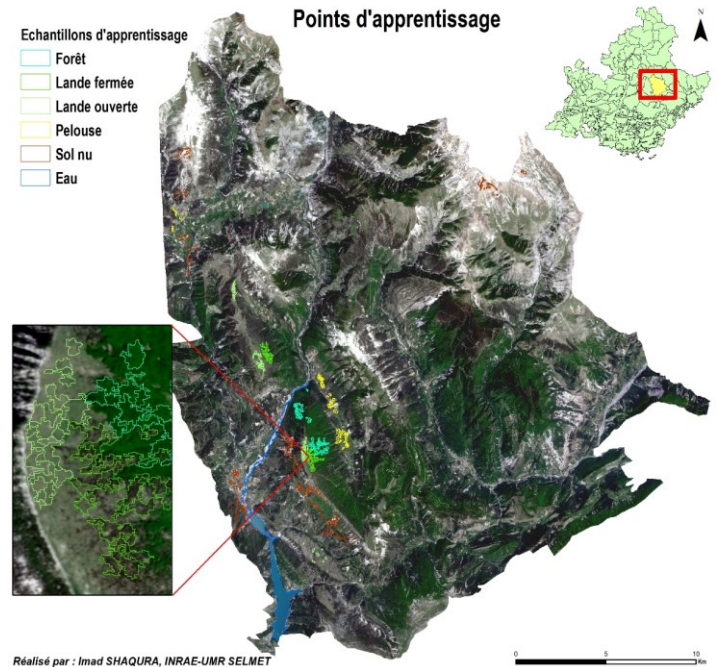


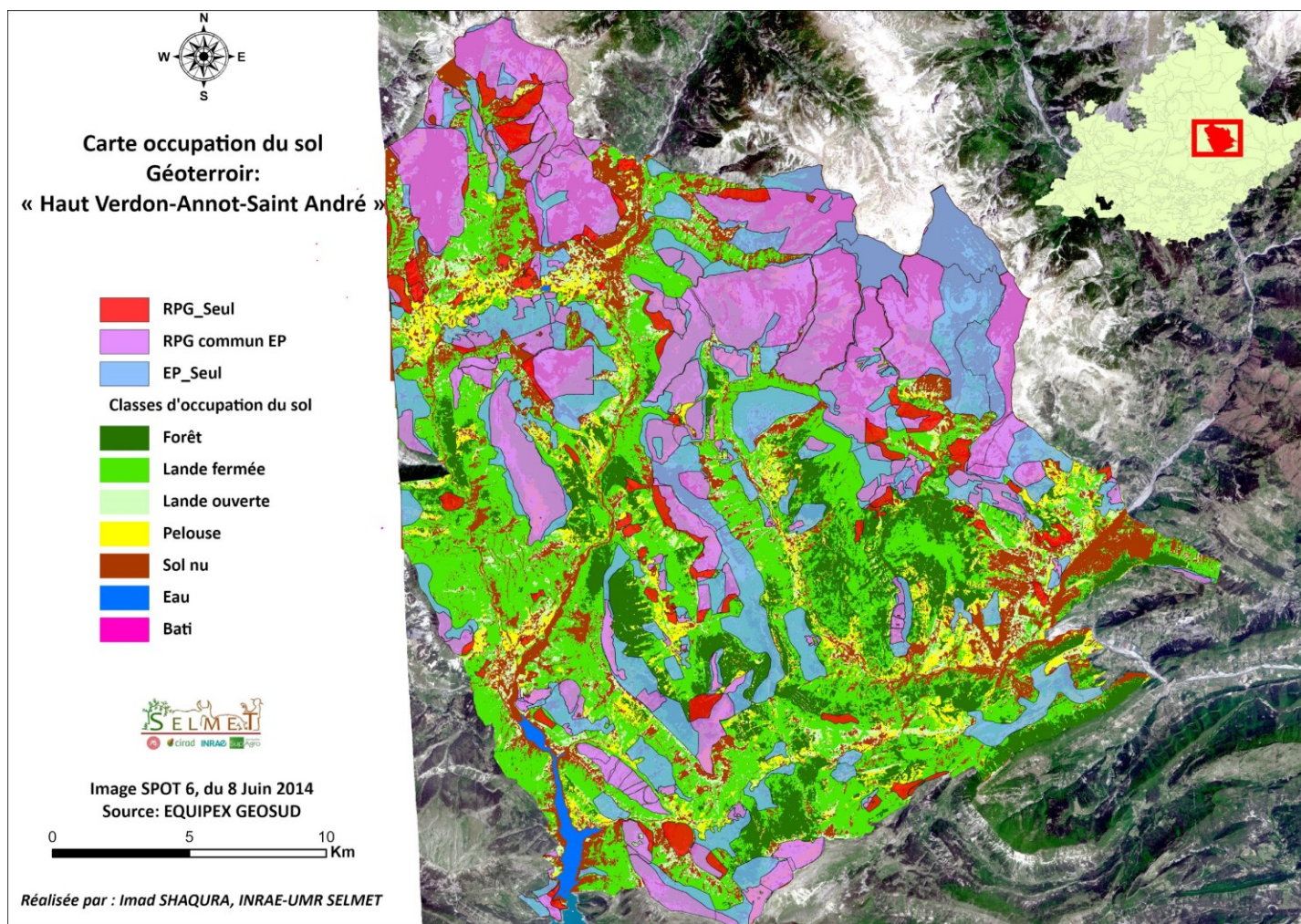
Figure 10 Point d'apprentissage

Classe	Forêt	Lande fermée	Lande ouverte	Pelouses	Sol nu	Eau	Précisions utilisateur	Erreur
Forêt	968	5	6	10	0	0	97,88	2,17
Lande fermée	10	854	91	60	0	0	84,14	18,85
Lande ouverte	0	162	669	195	22	0	63,84	56,65
Pelouses	4	48	101	840	8	0	83,92	19,17
Sol nu	0	1	46	6	1017	0	95,05	5,21
Eau	0	0	1	0	35	983	96,47	3,66
Précision Producteurs	98,57	79,81	73,19	75,61	93,99	100,00	Précision globale	86,80
Erreur	1,45	25,29	0,37	32,26	6,39	0,00	Kappa	84,16

Tableau 2 Matrice de confusion pour la classification de géo-terroir (Haut Verdon-Annot-Saint-André).

Classe	Catégorie Enquête pastorale seul		Catégorie RPG seul		Catégorie RPG commun avec l'enquête pastorale		Enquête pastorale		RPG	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Forêt	883,8	8,9	153,4	7,6	265,3	2,0	1149,2	5,0	418,7	2,8
Lande fermée	4065,0	40,7	915,7	45,4	4225,7	32,0	8290,8	35,8	5141,4	33,8
Lande ouverte	1400,2	14,0	297,9	14,8	3141,6	23,8	4541,8	19,6	3439,5	22,6
Pelouses	845,6	8,5	193,3	9,6	1211,5	9,2	2057,1	8,9	1404,8	9,2
Sol nu	2786,4	27,9	457,9	22,7	4341,8	32,9	7128,2	30,8	4799,7	31,6
Somme	9981,0	100	2018,2	100	13186,1	100	23167,1	100,0	15204,3	100

Tableau 3 Pourcentage de chaque classe dans les trois catégories (Haut Verdon-Annot-Saint-André).



**Figure 11** Localisation des trois catégories issues du croisement entre le registre parcellaire graphique (RPG) et l'enquête pastorale (EP), en fonction de leur présence dans l'une ou l'autre des bases de données ou conjointement dans les deux bases, dans le géoterritoir (Haut Verdon-Annot-Saint-André).