HERDECT -Utilisation des données satellites Sentinel-2 pour quantifier la production d'herbe

Pauline Dusseux, Elise Michel, Thomas Guyet, Fabienne Launay, Alain Airiaud, Hervé Nicolas, P. Pattier, Jacques Fradin, Marc Fougère

▶ **To cite this version:**

Pauline Dusseux, Elise Michel, Thomas Guyet, Fabienne Launay, Alain Airiaud, et al.. HERDECT -Utilisation des données satellites Sentinel-2 pour quantifier la production d'herbe. Innovations Agronomiques, 2022, 85, pp.171-183. 10.17180/ciag-2022-vol85-art13 . hal-03760390

HAL Id: hal-03760390
https://hal.inrae.fr/hal-03760390

Submitted on 25 Aug 2022

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

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

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

HERDECT - Utilisation des données satellites Sentinel-2 pour quantifier la production d'herbe

Dusseux P.[1,5], Michel E.[2], Launay F.[3], Airiaud A.[2], Guyet T.[4], Nicolas H.[5], Pattier P.[5], Fradin J.[6], Fougère M.[2]

[1] Univ. Grenoble Alpes, CNRS, PACTE, F-38000 Grenoble

[2] Chambre d'agriculture des Pays de la Loire, F-44000 Nantes

[3] Institut de l'élevage, IDELE, F-44590 Derval

[4] Institut Agro, IRISA-UMR 6974 CNRS, F-35000 Rennes

[5] Institut Agro, SAS-UMR 1069 CNRS, F-35000 Rennes

[6] Institut de l'élevage, IDELE Antenne d'Aubière, F-63170 Aubière

Correspondance : alain.airiaud@pl.chambagri.fr

Résumé

L'herbe pâturée est l'aliment disponible le moins coûteux dans les exploitations d'élevage. L'optimisation de la gestion de l'herbe passe entre autres par une connaissance des quantités disponibles. Afin de simplifier et d'automatiser ces mesures d'herbe, et ainsi contribuer au maintien voire au développement du pâturage, le projet HERDECT s'est attaché à construire des méthodes d'estimation de la biomasse des prairies à partir d'outils de télédétection (d'acquisition à distance) et à en estimer la faisabilité opérationnelle. Cette recherche présente une comparaison de méthodes de régression sur plusieurs variables extraites des images Sentinel-2 avec des données terrains afin de développer des modèles de prévision de hauteur d'herbe et de biomasse sur pied. Un ensemble de données expérimentales de terrain, collectées sur 18 sites majoritairement situés dans la partie Ouest de la France métropolitaine, a été utilisé pour évaluer la capacité des modèles produits à estimer la hauteur d'herbe et la biomasse des prairies. Les estimations biomasses et hauteurs d'herbe obtenues grâce au satellite ont été comparées aux données terrain issues des fermes du projet HERDECT et du réseau « pousse de l'herbe ». Les résultats présentés montrent une bonne qualité de la prévision utile pour un usage de masse.

Mots-clés : prairie, télédétection, outil d'aide à la décision (OAD), modèle, enquête, éleveur

Abstract : HERDECT: Using Sentinel-2 satellite data to quantify forage production

Grazed grass is the cheapest feed item in a feed ration. Good grass management requires knowledge of the available amount of grass. Simplifying and automating these grass measurements can help in maintaining or even developing grazing. The HERDECT project aims to build methods for estimating the quantity of grass from remote sensing tools (remote acquisition) and to estimate their operational feasibility. This research presents a comparison of regression methods on several variables extracted from Sentinel-2 images with field data. The goal is to develop predictive models of grass height and biomass. A set of experimental field data was collected on 18 sites mainly located in the western part of mainland France. These data were used to assess the reliability of the models. The biomass and grass height estimates obtained with satellites were compared with field data from HERDECT project farms and "grass growth" network. The results showed a high forecast quality for common use by farmers.

Keywords: grassland, remote sensing, Decision Support Tool (DST), model, survey, breeder

Introduction

L'herbe pâturée est l'aliment qui coûte le moins cher dans une ration de bovins et les prairies constituent 44% de la surface agricole utile en France. En moyenne, en élevage bovin lait, 51% de la surface agricole française (SAU) est en prairies ce qui représente 56 ha d'herbe (37 ha de surface toujours en herbe (STH) et 19 ha de prairies temporaires et artificielles) (CNIEL, 2018). Une bonne gestion de l'herbe passe entre autres par une connaissance des quantités disponibles (Huyghe et Delaby, 2013). Un suivi de la croissance de l'herbe et l'estimation d'indicateurs de productivité de l'herbe sont donc utiles pour optimiser la gestion des prairies dans le temps. Les éleveurs herbagers ont en général de bons repères pour prendre les décisions de gestion des prairies ; cependant de nombreux éleveurs pourraient être intéressés par des données de référence en dynamique pour aider à gérer les parcelles et les troupeaux. Ces informations aident à identifier les parcelles prioritaires pour le pâturage, éviter le surpâturage ou encore à identifier les parcelles à faucher pour constituer du stock fourrager. Faire des mesures à l'herbomètre sur le terrain est couteux en temps : il est recommandé de faire 30 mesures /ha sur l'ensemble des parcelles du circuit de pâturage toutes les semaines en période de pousse en suivant le même circuit (RMT Prairies demain, 2016). Afin de simplifier et d'automatiser ces mesures d'herbe, et ainsi contribuer au maintien voire au développement du pâturage, le projet CASDAR HERDECT s'est attaché à construire des méthodes d'estimation de la hauteur d'herbe et de la biomasse des prairies à partir d'outils de télédétection d'acquisition d'images et à en estimer la faisabilité opérationnelle.

Les données de télédétection offrent des possibilités intéressantes pour le suivi de la végétation de l'échelle locale à régionale comme en témoignent les récents progrès majeurs dans le domaine spatial en lien avec la précision (spatiale et spectrale) des données, leurs fréquences et leurs accès (Weiss *et al.*, 2020). Cependant, alors qu'une diversité d'outils d'aide à la décision construits à partir de données de télédétection sont déjà bien établis et en fonctionnement pour les cultures (Bégué *et al.*, 2018), peu sont adaptés ou ont été construits pour les prairies et pâturages. En effet, la production d'herbe n'est pas linéaire au cours d'une année, et contrairement aux cultures plusieurs récoltes (par fauche ou pâturage) et repousses ont lieu par an. Plusieurs facteurs influencent la productivité des prairies : les saisons, les conditions pédoclimatiques et météorologiques, les espèces prairiales présentes et les itinéraires techniques pratiqués. Aussi, la forte diversité des familles botaniques, espèces et variétés induit des fonctionnements et usages divers au cours de l'année et selon les lieux. Ainsi, pour acquérir des références en dynamique sur cette diversité de situations, des données à hautes résolutions spatiale et temporelle sont alors nécessaires pour le suivi des prairies.

L'objectif de cette étude est donc d'évaluer la capacité des données de télédétection Sentinel-2[1] (https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home) à estimer la hauteur d'herbe et la biomasse (sur pied ou cumulée sur une période donnée) des prairies dans le but de construire un outil d'aide à la décision à destination des organismes agricoles et/ou des agriculteurs apportant des informations sur la quantité d'herbe disponible pour chaque parcelle d'une exploitation à une fréquence hebdomadaire. Les outils mobilisés et les résultats obtenus sont présentés dans cet article.

1. L'élaboration du modèle

1.1 Matériel et méthodes

1.1.1 Les sites d'étude et les données terrain

L'étude a été menée sur des exploitations agricoles expérimentales et commerciales situées en France métropolitaine de 2017 à 2020 (Figure 1a). 18 sites, majoritairement situés dans la partie Ouest de la France, ont participé à la collecte de données dont 5 fermes expérimentales (Trévarez en Bretagne, Blanche Maison en Normandie, Derval et Thorigné d'Anjou en Pays de la Loire, et Theix en Auvergne).

[1] https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home

Des mesures de hauteur d'herbe ont été réalisées chaque semaine sur les différents sites en utilisant des herbomètres à plateau de type grasshopper version 4 (Figure 1b). Les sites ne disposant pas de cet outil ont utilisé un herbomètre de type Jenquip. Les mesures ont été effectuées dans chaque paddock du circuit de pâturage à raison de 50 mesures/ha. Le type d'herbomètre employé ne semble pas avoir d'effet sur la variabilité résiduelle. Cependant, il est important de noter que la distribution des mesures herbomètre par parcelle (peu importe l'outil utilisé) peut montrer une variabilité intra-parcellaire potentiellement importante. En parallèle, des prélèvements ont été réalisés tout au long de la saison de croissance de l'herbe afin de mesurer la quantité de biomasse présente dans les parcelles. Une partie de ces données de terrain ont permis d'étalonner les modèles d'estimation de hauteur d'herbe et de biomasse et d'autres ont été utilisées pour évaluer la capacité des modèles produits à estimer la hauteur d'herbe et la biomasse des prairies. Les données acquises en 2017, 2018 et 2019 ont été utilisées pour la modélisation et les données acquises en 2020 ont été utilisées pour l'évaluation des estimations produites par les modèles. Les différentes mesures et travaux de modélisation ont été réalisés dans le cadre du projet CASDAR HERDECT ont mobilisé différents partenaires techniques, scientifiques et financiers (Figure 1c).

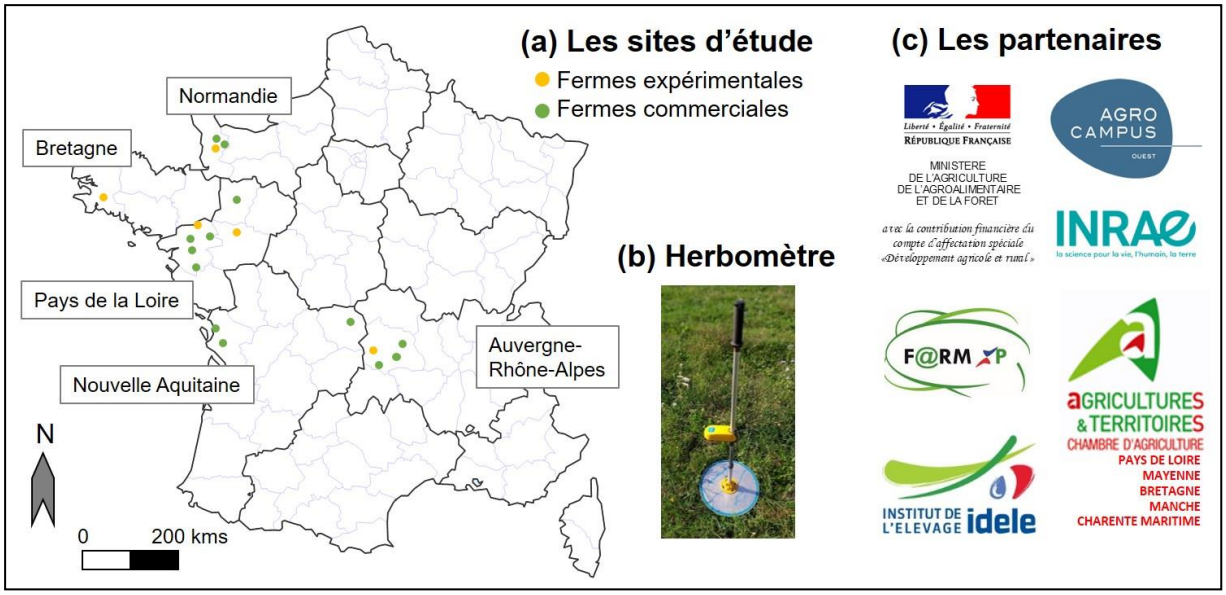


Figure 1 : Le réseau de parcelles mobilisées dans le projet Casdar Herdect (2017-2021) : Localisation des sites d'étude (a), illustration d'un herbomètre (b) et liste des partenaires de l'étude (c)

1.1.2 Les images satellite Sentinel-2

Les images Sentinel-2 L2A, évaluées dans ce projet, sont des données à hautes résolutions spatiale (10 et 20 m), temporelle (acquisition tous les 5 jours) et spectrale (10 bandes spectrales) (Figure 2). Elles sont fournies par le pôle de données et de services surfaces continentales Theia[2] et sont prétraitées et disponibles en temps quasi-réel, permettant l'estimation de la hauteur d'herbe et de la biomasse des prairies avec un délai adapté aux activités agricoles.

La différence moyenne entre la date d'acquisition d'une image et la mesure au sol correspondante est de 2 jours sur toute la période d'étude (avec un maximum de 9 jours en mars au début de la période de croissance) et de 1,5 jours en période de forte croissance de l'herbe (avec un maximum de 4 jours).

[2] https://www.theia-land.fr/

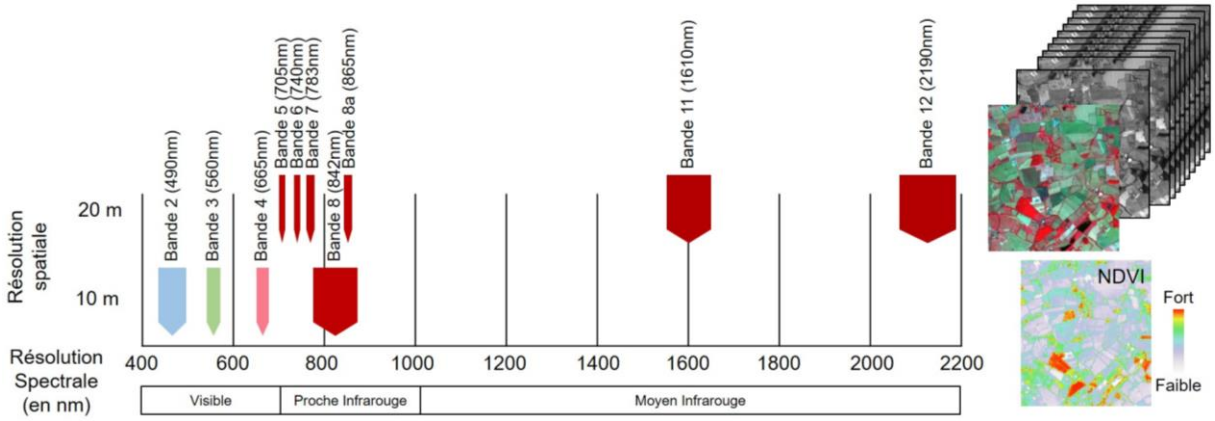


Figure 2 : Caractéristiques des images satellites Sentinel-2 et illustration des différentes bandes spectrales d'une image et du calcul d'un indice de végétation (le NDVI).

De nombreuses études montrent l'intérêt des données de télédétection pour le suivi des prairies (Dusseux *et al.*, 2019 ; Ali *et al.*, 2016). Principalement, l'indice de végétation par différence normalisée NDVI, calculé à partir des bandes spectrales du rouge (B4) et du proche-infrarouge (B8), est utilisé pour estimer la biomasse des prairies. Cependant, cet indice a tendance à saturer et donc à sous-estimer la quantité d'herbe quand le couvert est dense. La multiplication récente des capteurs, l'amélioration de leurs caractéristiques (spatiales, spectrales et temporelles) et l'essor de leur mise à disposition ont ouvert de nouvelles perspectives notamment sur le développement de nouvelles méthodes se basant sur des indicateurs et indices plus pertinents. Ainsi, des recherches ont mis en évidence l'intérêt d'utiliser d'autres indices basés sur des bandes spectrales différentes et notamment les bandes spectrales étroites du red-edge et du proche infrarouge (Mutanga et Skidmore, 2004). Sentinel-2 présente l'avantage d'acquérir de l'information dans quatre bandes spectrales de ces spectres (Bandes 5, 6, 7 et 8a) (Figure 2). L'utilisation de statistiques basées sur les indices de végétation est l'une des méthodes les plus utilisées et les plus simples pour estimer la hauteur d'herbe et la biomasse des prairies (Verrelst *et al.*, 2015a). Cependant, la précision de l'estimation basée sur ces indices dépend très fortement du choix du ou des indices considérés. Afin de déterminer les bandes spectrales et les indices les plus intéressants, (Verrelst *et al.*, 2015b) propose de calculer toutes les combinaisons de bandes possibles en fonction de différentes formules d'indices. Cette méthode permet d'évaluer toutes les bandes spectrales disponibles selon différentes formules d'indices comprenant chacune deux ou trois bandes spectrales. Afin de tester la capacité de toutes les bandes spectrales disponibles à estimer la hauteur d'herbe et la biomasse des prairies, toutes les combinaisons possibles ont été testées sur la base de cinq formules d'indices à deux ou trois bandes spectrales (Tableau 1).

Tableau 1 : Indices retenus et formules associées ; bi, bj, et bk correspondent aux bandes spectrales utilisées parmi les 10 bandes Sentinel-2 à disposition

Combinaison	Formule	Nombre de combinaisons
ND(b_i,b_j)	(b_i-b_j) / (b_i+b_j)	90
SR(b_i,b_j)	b_i / b_j	
mSR (b_i,b_j, b_k)	(b_i-b_k) / (b_i-b_k)	720
3BSI (b_i,b_j, b_k)	(b_i-b_k) / (b_i+b_k)	
3BSITian (b_i,b_j, b_k)	(b_i-b_j-b_k) / (b_i+b_j+b_k)	
CVI (b_i,b_j, b_k)	(b_i*b_j) / (b_k^2)	

1.1.3 La modélisation

La méthodologie de la modélisation comporte trois principales étapes (Figure 3). La première porte sur la sélection d'indices. L'objectif étant d'identifier, parmi tous les indices calculés, les plus pertinents. Une multitude de sélection d'indices est évaluée et le meilleur modèle est sélectionné et apporte donc la sélection des indices optimaux. Plusieurs méthodes de régression (linéaire, réseaux de neurones, machine learning) sont ensuite testées à partir de cette sélection d'indices. Enfin, le modèle montrant les meilleurs résultats est sélectionné puis évalué sur l'ensemble des données. L'ensemble de la méthodologie est répété plusieurs fois afin d'évaluer la méthodologie sur des ensembles d'apprentissage aléatoires. L'erreur quadratique moyenne (RMSE) et le coefficient de détermination (R^2) sont calculés afin d'évaluer l'erreur de prédiction.

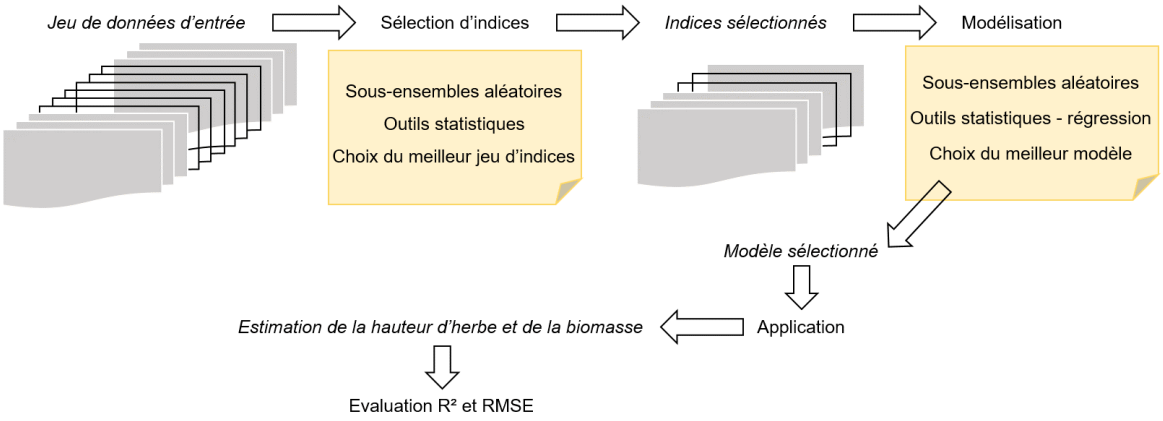


Figure 3 : Méthodologie globale pour la modélisation

1.2 Résultats et discussion issus de l'expérimentation des hauteurs d'herbe

La méthodologie générale et la réflexion ont été menées dans un premier temps pour l'estimation de la hauteur de l'herbe et dans un deuxième temps pour l'estimation de la biomasse. Cette dernière demandant un investissement important sur le terrain pour la récolte, le jeu de données « biomasse récoltée au sol » est beaucoup plus mince que celui des hauteurs d'herbe (environ 400 points utilisables contre plus de 1000 pour la hauteur).

Les résultats présentés dans ce papier portent seulement sur l'expérimentation et l'application pour l'estimation de la hauteur de l'herbe.

Aussi plusieurs configurations de données en entrée de la modélisation ont été testées : par groupe de site et/ou par découpage saisonnier… nous présenterons ici les résultats obtenus avec le jeu de données en entrée le plus général (tous les sites et l'année dans son ensemble).

L'expérimentation avec les hauteurs d'herbe est basée sur les données acquises en 2017, 2018 et 2019. A chaque étape de la modélisation, le jeu de données a été scindé en deux, avec 75% pour la calibration et 25% pour la validation. Les résultats de R^2 et de RMSE présentés dans cette partie correspondent aux valeurs obtenues sur les données de validation, soit en moyenne ou au maximum par rapport à toutes les simulations réalisées.

Sur un ensemble de plus de trois mille indices calculés et en comparant données simulées et données mesurées de hauteur d'herbe, les résultats montrent une capacité limitée des indices pris un à un à estimer précisément la couverture végétale. En effet, le R^2 est inférieur à 0,6 (Figure 4a) et l'erreur moyenne associée est supérieure à 2,2 cm. Les indices les plus performants sont majoritairement des indices à trois bandes utilisant les bandes spectrales étroites Sentinel-2 de l'infrarouge et du red-edge (B6, B7, B8 et B8A) et les bandes spectrales du moyen infrarouge (B11 et B12) (Figure 4b).

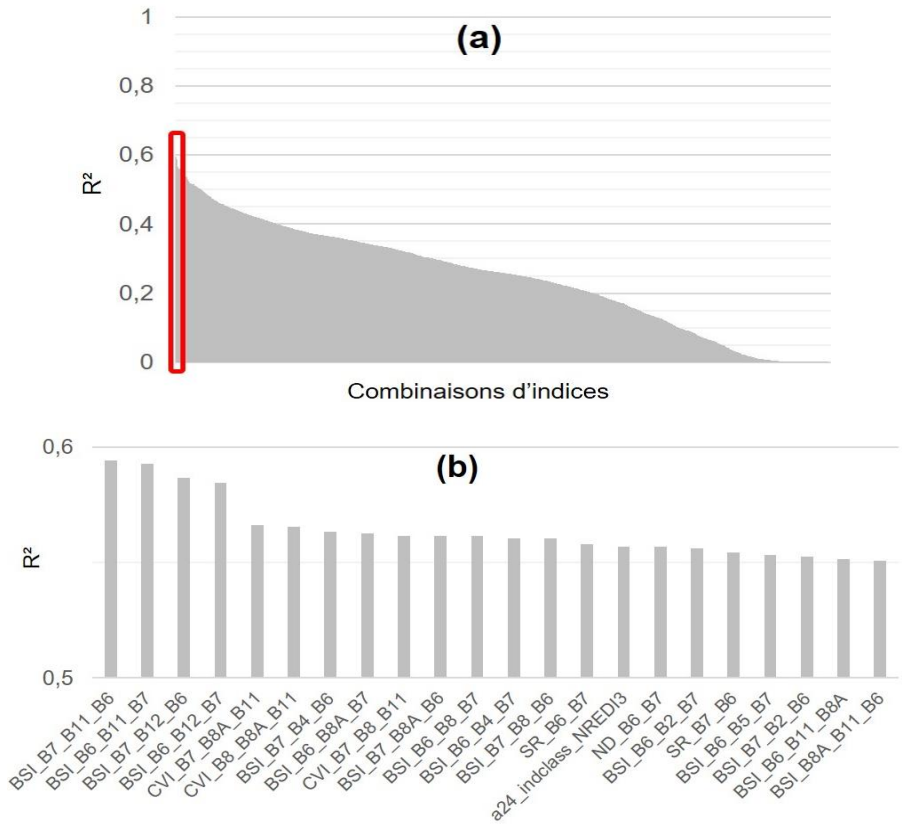
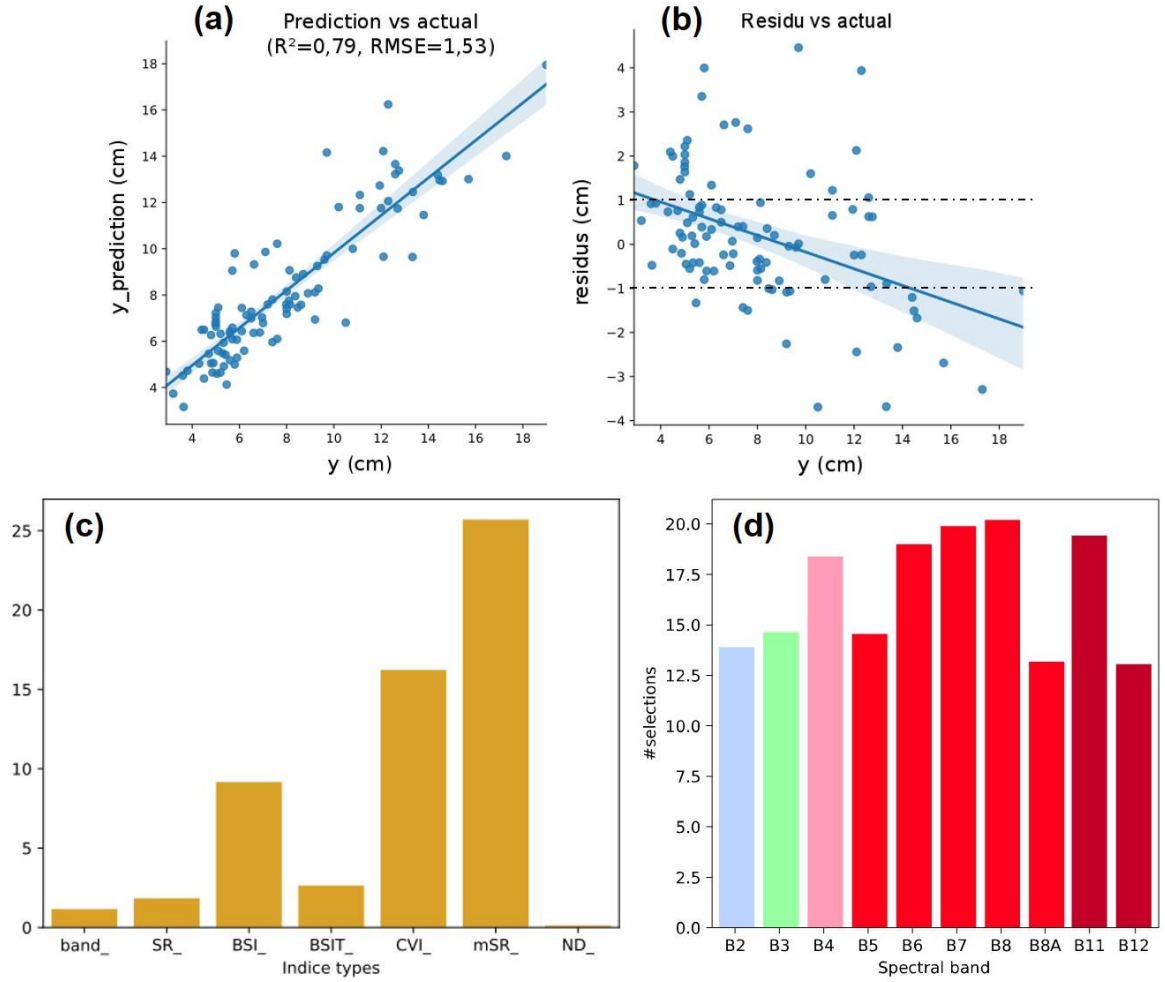


Figure 4 : Coefficient de corrélation entre la hauteur d'herbe et les combinaisons de bandes. Prises une par une pour tous les indices calculés (a) et pour les corrélations supérieures à 0,55 (b)

La capacité d'une sélection d'indices a été évaluée pour estimer plus précisément la hauteur de l'herbe et la biomasse. En utilisant la sélection d'indices la plus performante (environ 60 combinaisons considérées), appelée dans la suite du texte 'le modèle', le coefficient de corrélation entre la hauteur d'herbe mesurée au sol et celle estimée a atteint 0,79 avec une RMSE de 1,53 cm (Figure 5a). Les erreurs augmentent avec la hauteur de l'herbe. Ce résultat s'explique par le fait qu'au-dessus de 12 cm de hauteur d'herbe les mesures herbomètre au sol sont moins fiables. Elles sont aussi moins présentes dans notre jeu de données, car dans la plupart des cas, l'herbe est pâturée entre 8 et 12 cm, hauteur herbomètre. Aussi on peut observer une légère sur-estimation des faibles hauteurs et une sous-estimation des hauteurs plus importantes (Figure 5b). Les indices composés de trois bandes spectacles sont majoritaires dans le modèle (Figure 5c) ainsi que les bandes spectrales à spectre étroit du red-edge et du proche infrarouge (Figure 5d).

A partir de ce modèle, des estimations de hauteur d'herbe sont réalisées chaque semaine dès qu'une image satellite est disponible sur les sites. Ces estimations sont ensuite transférées aux agriculteurs afin d'estimer la production/réserve d'herbe et l'état de la végétation à l'échelle de l'exploitation. L'évaluation des estimations est présentée dans la partie suivante.



* Band correspond aux bandes spectrales prises une par une, SR (Simple Ratio) et ND (Normalized Difference) sont des indices intégrant 2 bandes spectrales et BSI (three-Band-Spectral-Index), BSIT (three-Band-Spectral-Index Tian), CVI (Chlorophyll Vegetation Index) et mSR (modified SR) sont des indices intégrant 3 bandes spectrales

Figure 5 : Valeurs estimées de hauteur d'herbe versus valeurs mesurées (a), les résidus (b), nombre moyen d'implication d'un type d'indice dans les entités sélectionnées (c) et nombre moyen d'implication d'une bande spectrale dans les entités sélectionnées (d)

2. Mise en application pendant l'année 2020 dans des fermes expérimentales et des fermes du réseau « Pousse de l'herbe »

En 2020, les estimations de hauteur d'herbe et de biomasse obtenues grâce au satellite ont été comparées aux données terrain issues des fermes expérimentales du projet HERDECT et du réseau « Pousse de l'herbe » afin de tester la robustesse du modèle d'estimation de la pousse de l'herbe. Afin de faciliter le suivi et le traitement des données, le nombre de fermes suivies en 2020 a été réduit à 8. Seuls les résultats obtenus pour l'estimation de la hauteur de l'herbe sont présentés dans ce papier.

Les fermes pour lesquelles les estimations ont été réalisées (Figure 6a) se distinguent entre elles par leur contexte pédoclimatique et la conduite des prairies. Ces 8 fermes sont réparties sur le Grand Ouest (Bretagne, Normandie, Pays de la Loire) et la Nouvelle Aquitaine. Les animaux y pâturant diffèrent selon les sites (bovin allaitant, bovin laitier, ovin), tout comme la sévérité du pâturage (hauteur de sortie allant de 3 à >5cm), les compositions botaniques et les âges des prairies. Ces exploitations faisant partie du réseau « Pousse de l'herbe », chaque semaine, des mesures de hauteur d'herbe y sont effectuées à raison de minimum 30 mesures herbomètre par hectare. Les parcelles mesurées font majoritairement

partie du circuit de pâturage. Les données acquises sur le terrain intègrent la diversité, permettant ainsi de tester la robustesse du modèle d'estimation de la pousse de l'herbe.

Parallèlement aux mesures effectuées sur le terrain, des hauteurs d'herbe ont été estimées par satellite. La principale difficulté rencontrée est la temporalité de ces estimations. Les mesures de terrain sont effectuées à date fixe chaque semaine tandis que les estimations satellitaires sont obtenues de manière beaucoup moins prévisibles et réparties inégalement à l'échelle de l'année. Les nuages représentent les facteurs limitant l'acquisition d'images puisqu'ils complexifient voire rendent impossible leur traitement et par conséquent l'estimation de la croissance d'herbe.

A titre d'exemple, sur le site de la ferme de Derval (44) du 21 février au 28 mai 2020, seulement 10 images satellites sur les 40 obtenues présentent un taux de clarté permettant leur exploitation. Les autres images sont inexploitables du fait de l'ennuagement caractérisé par un taux de clarté généralement inférieur à 50% et/ou localisation des nuages sur le site d'étude. Malgré le peu d'estimations disponibles à l'échelle de l'année (environ une dizaine par site), des comparaisons de hauteur terrain avec des hauteurs estimées par satellite ont été effectuées. La Figure 6b présente l'estimation de la pousse moyenne d'herbe sur une parcelle de la Ferme Expérimentale de Derval (44). Cette parcelle fait partie des 20 % d'exemples qui fonctionnent le mieux sur la ferme de Derval. Un pâturage a eu lieu le 28 mars et le 21 mai. Les estimations du modèle sont cohérentes avec les données mesurées au sol. En période d'accélération de la pousse de l'herbe, le modèle prédit bien une tendance à l'augmentation des hauteurs. Les prédictions sont plus délicates au démarrage de la pousse de l'herbe. Au vu de la difficulté à obtenir des images valorisables, il est impossible de reconstituer une courbe complète de la pousse de l'herbe.

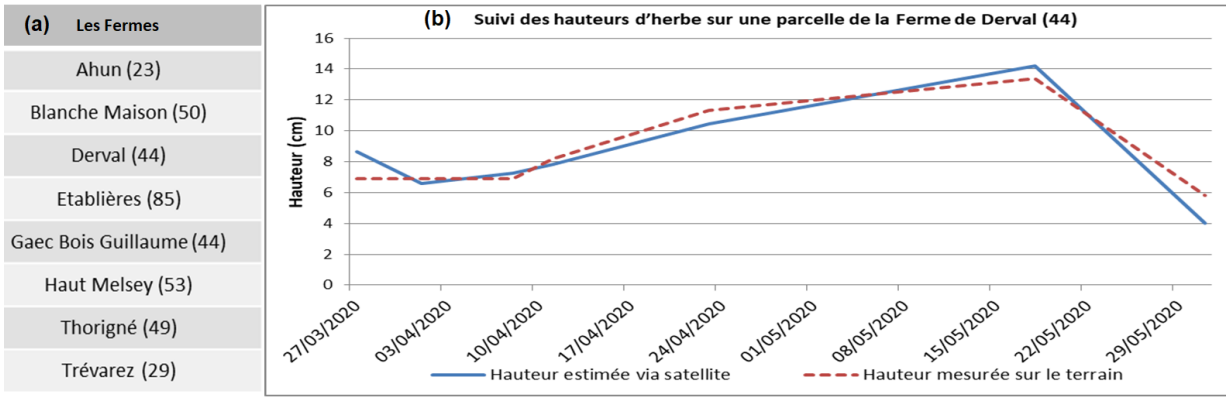


Figure 6 : Liste des fermes pour lesquelles les hauteurs estimées par satellite ont été comparées aux hauteurs mesurées sur le terrain (a), comparaison des hauteurs estimées et mesurées sur une parcelle de la Ferme de Derval (44) (b)

A l'échelle des 8 sites suivis en 2020 concernant des fermes expérimentales et des fermes du réseau pousse de l'herbe (Figure 6b), 529 estimations de hauteur d'herbe via le satellite ont été couplées à des hauteurs mesurées au sol. La Figure 7a reprend l'ensemble de ces données. La corrélation entre ces mesures est encourageante (R^2=0,54). Toutefois des écarts persistent.

Plusieurs pistes peuvent être évoquées pour les expliquer, d'une part la fiabilité du modèle et d'autre part la justesse et la représentativité des mesures de hauteur réalisées à l'herbomètre.

Plus les hauteurs d'herbe sont importantes, plus le satellite semble les sous-estimer (Figure 7a). Toutefois, au-delà de 15 cm « herbomètre », la comparaison des hauteurs estimées et mesurées est à nuancer car la fiabilité des mesures herbomètre est moindre. La tendance à la sous-estimation des hauteurs par les drones a également été mise en évidence par Surault *et al.* (2018).

La Figure 7b illustre la réparation des écarts entre les hauteurs mesurées au sol et estimées par satellite, selon les classes de hauteurs. Les classes 6-9 cm et 9-12 cm sont bien représentées. En revanche peu de données composent la classe 12-15cm. Deux courbes de Gauss sont observables pour les classes 6-9 cm et 9-12 cm, respectivement centrées sur des écarts compris entre 0-1 cm et 1-2 cm. Le modèle a donc tendance à sous-estimer les hauteurs. La majorité des écarts est comprise entre -1 et 2 cm, ce qui indique une certaine pertinence du modèle.

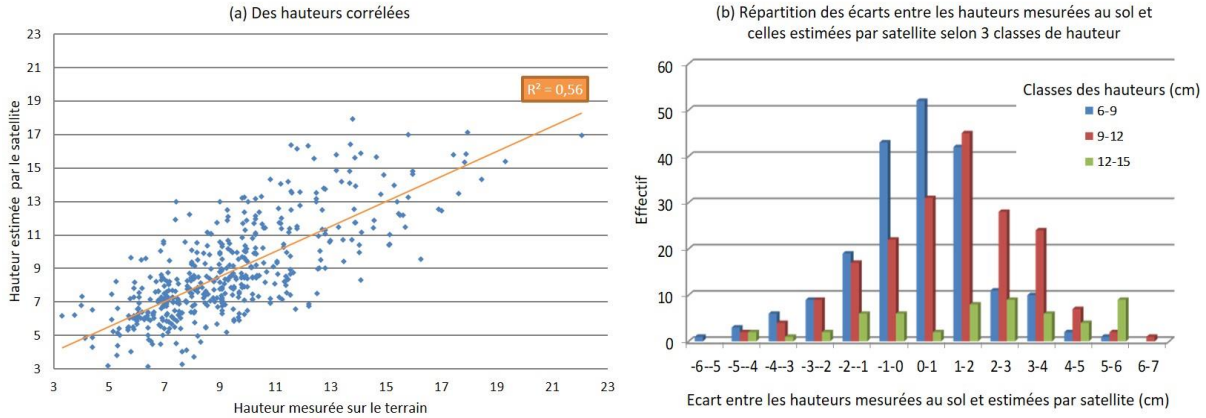


Figure 7 : Corrélation entre les hauteurs mesurées au sol et estimées via satellite (a), écart type entre les hauteurs mesurées et estimées selon les classes de hauteurs (b)

La composition botanique semble aussi pouvoir expliquer et influencer les estimations de hauteur d'herbe. La sous-estimation de 2-3 cm des estimations de hauteur par satellite pour des prairies avec un couvert spécifique est notable. Certains de ces points concernent des prairies à base de Ray-grass hybride, Trèfle violet et Trèfle hybride (*Lolium hybridum – Trifolium pratense – Trifolium hybridum*) et d'autres correspondent à des parcelles où le Dactyle (*Dactylis glomerata*) est fortement présent. L'ensemble des mesures réalisées sur ces prairies ont été effectuées sur des hauteurs herbomètre inférieures à 15 cm. La présence de Dactyle, par son développement en touffe, complexifie la pose à plat du plateau de l'herbomètre et peut donc perturber les mesures sur le terrain. Ces individus représentent une faible proportion dans notre jeu de données pour la modélisation ce qui peut expliquer les erreurs plus importantes d'estimation. En augmentant le nombre d'individus correspondant à ces parcelles, une relation entre les mesures au sol et les images satellites pourrait être établie plus précisément et potentiellement un coefficient correcteur pourrait être appliqué au modèle de base afin de mieux estimer les hauteurs dans ces parcelles.

3. Enquête sur la gestion de l'herbe dans les élevages.

3.1 La méthode

Au printemps 2019, 64 enquêtes ont été réalisées dont 24 dans la région de la Bretagne et 7 en Normandie, 10 dans le département de Loire-Atlantique, 15 dans la Mayenne et 8 en Charente-Maritime. La trame d'enquête, contenant 102 questions (fermées ou ouvertes), a été validée en amont par l'ensemble des partenaires des projets. Les élevages sélectionnés devaient offrir plus de 15 ares de pâturage accessibles par vache en production afin d'écarter de l'échantillon des élevages peu pâturants. La production laitière était majoritairement représentée, à l'image de la prédominance de cette production dans la plupart des départements et régions ciblés. L'intérêt et/ou la motivation des éleveurs par la thématique des fourrages et la gestion de l'herbe ne devaient pas être un critère de sélection de l'échantillon. Cependant, au regard des sources utilisées pour contacter les exploitations, en lien avec la volonté d'essuyer le moins de refus possible lors des contacts et respecter les délais imposés par le

projet, l'échantillon présente une majorité d'éleveurs intéressés par la gestion de l'herbe dans leur exploitation (70%).

Une analyse descriptive des données, complétée d'un traitement statistique, a été réalisée. Les résultats présentés ici sont issus de l'analyse descriptive.

3.2 Gestion de l'herbe dans les élevages : résultats d'enquêtes

L'échantillon est constitué de différents systèmes de production : les systèmes type « polyculture – élevage laitier » (27) et « lait spécialisé » (23) se distinguent à part égal. Dans une moindre mesure, les systèmes « lait avec un autre atelier d'élevage » (11) sont présents, suivis par divers autres systèmes (3 dont seulement 2 fermes en productions allaitantes). Les exploitations ont en moyenne une SAU de 122 ha avec 2,3 unités de main d'œuvre. La taille des troupeaux en production est comprise, pour la majorité des fermes, entre 40 et 70 vaches.

Leur système fourrager intègre du pâturage notamment avec des animaux conduits en pâturage tournant, voire en rotation journalière. Deux tiers des fermes disposent au minimum de 10 paddocks de pâture pour les animaux en production, et un tiers ont plus de 20 paddocks. Le temps de séjour est majoritairement compris entre 2 et 4 jours par paddock, près de 30% des exploitations pratiquent un pâturage rationné quotidiennement au printemps. La grande majorité des élevages sécurisent tout de même l'alimentation des vaches au pâturage, puisque seulement 30% d'entre eux ferment leur silo d'ensilage et seule une exploitation confirme ne pas distribuer de compléments énergétiques, ni azotés durant la période de pâturage.

Concernant les contraintes de gestion des surfaces dédiées au pâturage, la majorité des éleveurs citent des contraintes structurelles (Figure 8). Ainsi, 23% des réponses portent sur des problèmes d'accessibilité aux surfaces, avec une majorité de « routes à traverser » ; à proportion égale, la portance des sols est également une contrainte majeure. Les autres principales contraintes exprimées sont l'éloignement et la distance des surfaces pâturables (15%), l'abreuvement (15%), le type de surface disponible (6%), ou le manque de surface (3%).

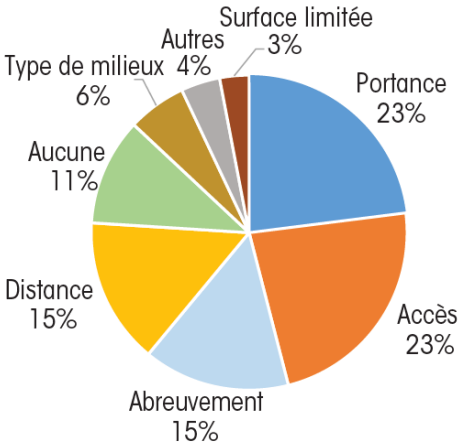


Figure 8 : Contraintes exprimées par les éleveurs sur la gestion du parcellaire dédié aux vaches en production (question ouverte donnant lieu à 103 occurrences)

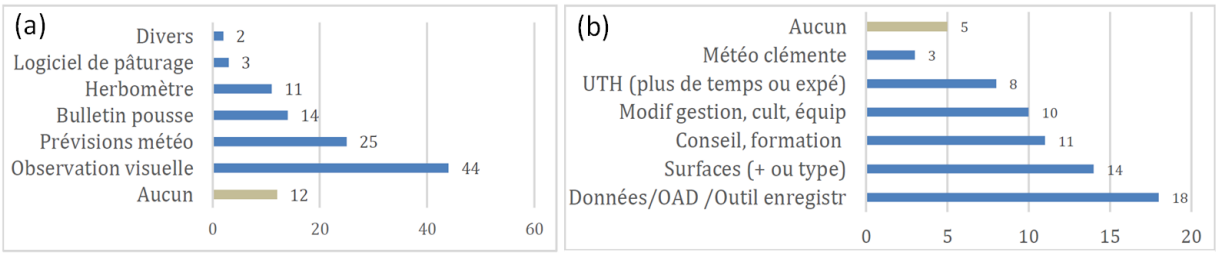
Les éleveurs enquêtés indiquent passer relativement peu de temps à l'observation et l'évaluation des parcelles de pâturage dédiées aux vaches en production. La plupart estime observer leurs prairies une fois par semaine. Le temps consacré à cette observation - évaluation est, pour la majorité des éleveurs, compris entre 10 à 30 minutes par semaine. Au printemps, la fréquence d'observation peut être plus intense (plusieurs fois par semaine) et le temps consacré égal ou supérieur aux autres saisons. Au

printemps, période de pâturage la plus active, le temps moyen consacré à ces observations-évaluations des prairies est de 2 minutes/ ha /semaine (avec un minimum de 20 secondes et un maximum de 10 minutes/ha/semaine).

Globalement, les éleveurs ont le sentiment de bien valoriser l'herbe produite au pâturage (85%), mais paradoxalement ils expriment un manque de confiance vis-à-vis de la gestion de l'herbe (84%). Les interrogations les plus fréquentes portent sur des choix de gestion en lien avec les fluctuations inter et intra-annuelles engendrées par les aléas climatiques, comme le choix des dates favorables (débrayage, récolte pour une qualité et quantité optimale, fermeture des silos, démarrage du pâturage, …) ou encore la quantité de surfaces récoltées. La peur de manquer d'herbe est aussi souvent citée, mais moins fréquemment.

Pour piloter le pâturage des vaches en production, les éleveurs font appel avant tout à l'observation visuelle (40%), mais également à des données extérieures (prévision météo, bulletin de pousse de l'herbe). Dans une moindre proportion, ils utilisent des outils type herbomètre, feuille de calcul de croissance de l'herbe ou encore des logiciels de pâturage (Figure 9a). Seulement un tiers des exploitations enquêtées enregistrent leurs pratiques de pâturage.

En termes d'attentes et de besoins exprimés pour améliorer la gestion du pâturage sur les exploitations, les réponses obtenues à cette question ouverte (Figure 9b), ont été, d'une part, moins riches (69 expressions différentes) et, d'autre part, sans entière concordance avec les contraintes structurelles exprimées en amont.



Figures 9 : (a) Outils utilisés pour piloter le pâturage des vaches en production (réponses multiples possibles : total 111 occurrences), **(b)** réponses à la question « De quoi auriez-vous besoin pour améliorer vos pratiques de pâturage ? » : total 69 occurrences

Le format des questions (ouvertes *vs.* fermées) ainsi que le cadre de l'enquête, construction d'outils pour améliorer la gestion des prairies, peut être à l'origine de certaines orientations des réponses des éleveurs. Un quart des réponses concerne des attentes en lien avec des données, des outils d'aide à la décision ou des outils d'enregistrement. Le conseil et la formation font également partie des attentes (16%).

En projection, concernant l'utilisation et les informations disponibles dans un futur Outil d'Aide à la Décision (OAD), les éleveurs ont été questionnés sur leurs attentes en termes de précisions des données, notamment au sujet des hauteurs d'herbe. À la question « *Une fourchette de données plutôt qu'une donnée précise est-elle acceptable ? Exemple : une hauteur d'herbe de 10-12 cm vs. 11 cm.* » plus de 90% des éleveurs enquêtés ont répondu positivement. Ces réponses mettent en évidence qu'une classe de hauteur d'herbe peut être suffisante et acceptable pour ce type d'outil plutôt qu'une donnée précise.

3.3 Conclusion et perspective

Ces résultats permettent d'apporter des informations sur la gestion actuelle des prairies, mais également des réponses. Celles-ci peuvent sembler discordantes (contraintes *vs.* attentes) ou interpeller, comme par exemple le temps moyen consacré à l'observation et l'évaluation de la prairie, ressource alimentaire essentielle pour les animaux, ou encore le sentiment d'une bonne valorisation de l'herbe en dépit du

manque de confiance dans la gestion de celle-ci. L'ensemble de ces résultats reste cependant à contextualiser par rapport à l'échantillon constitué d'éleveurs en production laitière, intéressés par la thématique du pâturage, et situés à l'ouest de la France. Les résultats complémentaires obtenus dans le cadre de cette enquête ont permis de valider et qualifier l'intérêt des éleveurs pour l'acquisition de données quantitatives sur l'herbe, et définir également les attentes fonctionnelles d'un tel service. Ces attentes ont été traduites dans une preuve de concept (figure 10). Les analyses statistiques, au regard de la taille de l'échantillon, ne nous ont cependant pas permis de déterminer des « profils » d'éleveurs intéressés par ce type de données.

Conclusion

Les modèles construits ont pour vocation d'être utilisés dans des outils d'aide à la gestion du pâturage à destination des éleveurs. Afin de fournir des données régulières dans le temps aux éleveurs, la pousse de l'herbe entre deux dates d'image satellites valides devra être estimée, à partir, par exemple, de l'utilisation d'un modèle de simulation de la pousse de l'herbe comme par exemple le modèle « Moorepark - Saint-Gilles Grass Growth ».

Plusieurs scénarios d'utilisation du modèle satellite sont possibles : l'intégration des hauteurs d'herbe simulées dans un outil déjà existant comme par exemple HappyGrass[3], PâturPlan[4] ou la création d'un nouvel outil d'aide à la décision (type application). La finalité de l'outil est de fournir des indicateurs de pilotage de l'herbe aux éleveurs et conseillers afin d'optimiser la valorisation de l'herbe.

Coupler les données hauteur d'herbe au besoin alimentaire du troupeau permettrait d'obtenir des indicateurs indispensables pour une gestion fine du pâturage : la quantité d'herbe disponible par parcelle, les parcelles à pâturer en priorité (hauteur importante), le nombre de jour d'avance, les parcelles à débrayer, l'estimation de la productivité des prairies.

Ces indicateurs peuvent être illustrés comme sur la Figure 10, avec une cartographie des parcelles et le code couleur établis selon la quantité d'herbe disponible, des courbes de production et des indications chiffrées.

Figure 10 : Preuve de concept de l'application HERDECT

[3] https://www.happygrass.fr/Pages/Presentation
[4] http://www.orne-conseil-elevage.fr/orne-nos-innovations/paturplan.html

Remerciements

Nos remerciements vont aux éleveurs impliqués dans le projet ainsi qu'à l'ensemble des partenaires ayant contribués, de près ou de loin, aux différentes actions du CASDAR.

Ces travaux ont bénéficié du soutien financier du Ministère en charge de l'Agriculture, grâce au fond CASDAR.

Références bibliographiques

Ali I., Cawkwell F., Dwyer E., Barrett B., Green S., 2016. Satellite remote sensing of grasslands: from observation to management–a review. Journal of Plant Ecology, Volume 9, Issue 6, 649-671, doi:10.1093/jpe/rtw005.

CNIEL, 2018. Le pâturage des vaches laitières françaises : état des lieux de la pratique pour l'ensemble des territoires français (synthèse). https://cniel-infos.com/Record.htm?idlist=1&record=10214494124920326769, 24p.

Dusseux P., Corpetti T., Hubert-Moy L., 2019. L'usage de séries temporelles d'images de télédétection pour une gestion durable des territoires : Application à l'étude des prairies dans l'Ouest de la France. Cybergeo: European Journal of Geography, 919, doi.org/10.4000/cybergeo.33245.

Huyghe C., Delaby L., 2013. Prairies et systèmes fourragers – Pâturage, ensilage, foin. Agriproduction, Editions France Agricole, 530p.

Mutanga O., Skidmore A.K., 2004. Narrow band vegetation indices over-come the saturation problem in biomass estimation. International Journal of Remote Sensing, 25, 3999-4014, doi:10.1080/01431160310001654923.

RMT prairies demain, 2016. Protocole de la mesure de la croissance de l'herbe. 4p, ISBN : 978-2-36343-799-0

Surault F., Barre P., Escobar-Gutierrez A.J., Roy E., 2018. Le drone, un nouvel outil au service de la sélection pour estimer la hauteur des plantes fourragères. Fourrages 236. 281-288.

Verrelst J., Camps-Valls G., Munoz Mari J., Rivera J.P., Veroustraete F., Clevers J.G., Moreno J., 2015a. Optical remote sensing and the re-trieval of terrestrial vegetation bio-geophysical properties–a review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 108, 273–290, doi:10.1016/j.isprsjprs.2015.05.005.

Verrelst J., Rivera J.P., Veroustraete F., Munoz Mari J., Clevers J.G., Camps-Valls G., Moreno J., 2015b. Experimental sentinel-2 LAI estimation using parametric, non-parametric and physical retrieval methods – a comparison. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 108, 260–272, doi:10.1016/j.isprsjprs.2015.04.0.

Weiss M., Jacob F., Duveiller G., 2020. Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. Remote Sensing of Environment, 236, doi:10.1016/j.rse.2019.111402.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0)

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL)