

SAGRIWASENT

Développement de méthodologies à l'aide d'outils innovants pour la gestion des signalétiques du LPIS sur base d'images satellitaires obtenues à partir des constellations satellitaires COPERNICUS – SENTINEL – et d'autres satellites destinés au suivi de l'agriculture



Emilie Beriaux, Marie Godfroid, Dimitri Goffart, Souheil Homsy, Alban Jago, Cozmin Lucau-Danila, Damien Maillard, Emilie Mulot, Thomas Penners, Stef Van Den Bempt, Noémie Vandenberghe

Viviane Planchon, Yves Schenkel, René Poismans

Rapport final (juillet 2021)

Début du projet : 10 janvier 2017

Fin du projet: 30 avril 2021

Table des matières

Table des matières	3
Liste des acronymes	5
1. Généralités	7
1.1 Contexte du projet	7
1.2 Objectifs du projet SAGRIWASENT	9
1.3 Communications internationales	11
1.4 Organisation du projet	12
1.5 Futur du projet	13
2. Activités menées	15
Tâche 1. Analyse réglementaire approfondie, prise de connaissance des exigences réglementaires européennes et compréhension de leur mise en œuvre en Wallonie au niveau du LPIS et de la mise en place du monitoring	15
Tâche 2. Comparaison avec les systèmes et les choix d'autres AP des pays européens	18
Tâche 3. Recherches bibliographiques et techniques sur l'utilisation et l'intégration des images satellitaires pour la gestion du LPIS et la mise en place du monitoring.....	21
Tâche 4. Recherche technique sur la manière d'automatiser l'intégration des données satellitaires	22
Tâche 5. Implémentation ou mise en place opérationnelle de l'intégration de données géospaciales pour la gestion du LPIS et la mise en place du monitoring	25
Tâche 6. Recherche technique sur la manière d'intégrer les modifications interannuelles de manière la plus automatique possible. Mise en place opérationnelle des corrections et des changements entre les années n et n-1, au départ des données d'Observation de la Terre	26
Tâche 7. - Validation de l'adéquation entre les données de terrain et les observations géospaciales	28
Tâche 8. Transfert des résultats de la recherche à l'OPW et rédaction de documents techniques/rapports finaux.....	29
3. Valorisation complémentaire des acquis	30
4. Conclusions.....	31
5. Annexes	35

Liste des acronymes

AGW : Arrêté du Gouvernement Wallon

AMS : Area Monitoring System

AP : Agence de paiement

CbM : Check by Monitoring

CCR : Centre Commun de Recherches de la Commission Européenne

CNES : Centre National d'Etudes Spatiales

DC : Direction Centrale des Surfaces Agricoles

DD : Département du Développement

DAGRI : Département de l'Agriculture

DE : Directions Extérieures

DG AGRI : Direction Générale de l'Agriculture de la Commission Européenne

DG DEFIS : Direction Générale Defence Industry and Space de la Commission Européenne

DG GROW : Direction Générale du Marché intérieur, de l'industrie, entrepreneuriat et PME de la Commission européenne

DGO3 : Direction Générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement du SPW

DIAS : Data and Information Access Services (Services d'Accès aux Données et à l'Information)

DS : déclaration de superficie

DSA : Direction des Surfaces Agricoles

ELIE : Earth and Life Institute – Environmental Sciences

EM : Etat Membre

EP : éléments du paysage

ESA : European Spatial Agency - Agence Spatiale Européenne

GRD : Ground Range Detected

GSA : GeoSpatial Aid Application (= PConWeb en Région Wallonne)

GT-COWAL : Groupe de Travail Commun sur l'Observation de la terre en WALLONIE

LPIS : Land Parcel Identification System (Système d'Identification des Parcelles Agricoles (SIPA))

MAE : Mesure Agro-Environnementale

MB1 : éléments du maillage (mesure de base 1 du programme wallon de développement rural)

OPW : Organisme Payeur de Wallonie

OTSC : On The Spot Checks (contrôles sur place)

PAC : Politique Agricole Commune

PGDA : Programme de Gestion Durable de l'Azote en agriculture

SAR : Synthetic Aperture Radar

SIE : Surface d'Intérêt Ecologique

SIPA : Système d'Identification des Parcelles Agricoles (Land Parcel Identification System (LPIS))

SLC : Single Look Complex

1. Généralités

Le projet SAGRIWASENT a été mis en place par l'adoption par le Gouvernement wallon le 20 octobre 2016 de l'Arrêté du Gouvernement wallon (AGW) allouant une subvention au Centre wallon de Recherches agronomiques (CRA-W) pour la réalisation du projet n° D31-1368 intitulé « SAGRIWASENT - Développement de méthodologies à l'aide d'outils innovants pour la gestion des signalétiques du LPIS sur base d'images satellitaires obtenues à partir des constellations satellitaires COPERNICUS – SENTINEL – et d'autres satellites destinés au suivi de l'agriculture ». Il a fait l'objet de deux arrêtés modificatifs les 18/10/18 et le 04/06/2020 prolongeant le projet sans incidence budgétaire.

Le projet SAGRIWASENT a démarré le 10 janvier 2017 et s'est terminé le 30 avril 2021.

1.1 Contexte du projet

Le projet SAGRIWASENT s'est inscrit dans le cadre de la Politique Agricole Commune (PAC) et des subventions annuelles versées aux agriculteurs conformément à la législation européenne en la matière, tenant compte de l'évolution des nouvelles technologies disponibles.

Au vu de la mise en place du programme COPERNICUS, des nouvelles technologies disponibles et de l'évolution de la réglementation européenne vers le « Check by Monitoring (CbM) », le projet a répondu à une demande du Service Public de Wallonie (SPW), et plus particulièrement de l'Organisme Payeur de Wallonie (OPW), d'aide technique nécessitant une recherche appliquée liée à la mise en place du « CbM » dans le cadre de la nouvelle PAC.

Programme COPERNICUS et nouvelles technologies :

L'observation de la terre par télédétection spatiale a fait une avancée spectaculaire avec le programme européen COPERNICUS incluant le lancement d'une série de 6 types de satellites différents. Parmi eux, les satellites offrent à la fois des données RADAR insensibles aux nuages (SENTINEL-1) et des données optiques multi-spectrales (SENTINEL-2), ayant une haute résolution spatiale (entre 10 et 60 m) et une période de revisite de 2 à 5 jours en Wallonie. Les informations contenues dans ces images sont hautement pertinentes pour le suivi de l'agriculture, la résolution spatiale permettant une bonne détection des parcelles agricoles et la résolution temporelle offrant la possibilité de réaliser un suivi de l'évolution des différentes cultures aux calendriers culturaux annuels variables. D'autres technologies, comme les drones et les photos géo-tagguées permettent également de fournir aux services administratifs des informations pertinentes pour le suivi des activités agricoles menées sur leur territoire.

Evolution de la réglementation européenne :

Sur base de ces nouvelles technologies, la commission européenne a revu sa législation en imposant un suivi continu, appelé dans le langage européen « Check by Monitoring (CbM) », de l'ensemble du territoire agricole remplaçant le modèle actuel basé sur les contrôles sur place (On The Spot Checks (OTSC)).

Le « CbM » consiste à suivre et évaluer tout au long de l'année les activités et les pratiques réalisées sur les parcelles agricoles. Des interactions sont établies en parallèle avec les agriculteurs et/ou d'autres intervenants. L'objectif est d'utiliser les images satellitaires SENTINEL, ou de toutes autres données pertinentes, afin d'assurer un suivi en continu des critères d'éligibilité, d'engagements et autres obligations des régimes d'aides pour les 2 piliers de la PAC afin de conclure à l'éligibilité de l'aide et de procéder au paiement de l'agriculteur.

En cas de doute sur une parcelle, une vérification de l'usage de la parcelle est effectuée notamment sous la forme de photos géotaguées prises sur la parcelle. Au cours de cette vérification, l'agriculteur peut modifier sa déclaration sans pénalité. Le « CbM » met donc l'accent sur la prévention afin d'éviter les sanctions lors du paiement. Pour les régimes d'aides contrôlés par « CbM », le contrôle sur place ne doit plus être réalisé.

Pour la Wallonie :

En 2019, la mise en place du « CbM » a fait l'objet d'une phase pilote pour la région de Thuin, en 2020, la mise en place du « CbM » a fait l'objet d'une phase de validation à l'échelle de la Wallonie sur quatre régimes d'aides (DPB, Paiement jeune, Paiement redistributif, IZCNS) en prévision d'une mise en production en 2021. Pour ce faire, **les algorithmes de SAGRIWASENT déjà disponibles ont été entièrement implémentés et automatisés dans le système informatique de l'OPW** et permettent le suivi continu de ces régimes. À la suite de cette phase de validation, **la Wallonie a décidé de mettre en œuvre de manière officielle le « CbM » sur ces 4 régimes d'aides dès cette année 2021. Cette décision a été notifiée à la Commission européenne le 20/01/2021.**

L'OPW continue encore à améliorer l'implémentation du « CbM » dans son organisation et ses systèmes informatiques. L'équipe SAGRIWASENT a apporté un support à l'implémentation des algorithmes développés au CRA-W vers l'OPW.

Le développement du projet ainsi que les orientations prises en matière d'exigence de « CbM » de la mise en œuvre des mesures PAC et l'entrée de la Wallonie dans une phase pilote dès 2019 ont conduit à une réflexion entre l'équipe SAGRIWASENT et l'OPW Ceci a été réalisé en ayant des contacts avec le CCR pour discuter de l'évolution du projet.

Le rôle du projet SAGRIWASENT a été d'autant plus important dans ce contexte de changements d'exigences des mesures PAC grâce à l'expertise en télédétection et au support technique que SAGRIWASENT peut amener pour l'implémentation des nouvelles règles.

Les changements apportés par le passage au « CbM » sont assez conséquents pour l'OPW qui doit adapter son système informatique, voire ajuster certaines compétences en termes de ressources humaines. L'interaction avec les agriculteurs est le point clef de cette réforme et va nécessiter une organisation différente (informatique, retour pour les fermiers, etc.). Le nombre d'interactions avec les fermiers sera directement lié à la qualité des résultats obtenus à partir des images satellites (S1 et S2). **La partie recherche a été d'autant plus importante tout au long du processus d'implémentation du « CbM » (phase test ou opérationnelle) car une augmentation de la précision des résultats de télédétection implique directement une diminution du nombre de vérifications manuelles, de visites de terrain et de contacts avec les fermiers.**

Il est important de signaler que le travail fourni depuis la mise en place du projet a mené à la fourniture de résultats concrets à l'OPW dès 2018, ce qui n'était prévu initialement qu'en toute fin de projet (2020). L'OPW a été ensuite en mesure d'intégrer les méthodes développées par SAGRIWASENT en interne. L'équipe SAGRIWASENT a fourni régulièrement un support à l'implémentation à l'OPW, alors que les missions initiales n'étaient pas prévues pour assurer à la fois un travail de recherche et un support à la production.

Ces résultats transférés à l'OPW ont apporté des retours de terrain très intéressants à l'équipe de recherche qui peut mieux cerner la pertinence des résultats obtenus pour l'utilisateur final et ainsi adapter au mieux ses méthodes d'analyse.

1.2 Objectifs du projet SAGRIWASENT

1.2.1 Objectifs scientifiques

L'objectif initial du projet SAGRIWASENT vise à simplifier et à automatiser au maximum les démarches administratives des agriculteurs et de l'OPW liées à la gestion des déclarations de superficie et du système parcellaire agricole de référence et des parcelles déclarées (Land Parcel Information System – LPIS), grâce à une exploitation optimale de l'information satellitaire disponible en Wallonie.

La recherche d'images satellites les plus pertinentes permet, grâce à l'utilisation d'images acquises dans différentes longueurs d'ondes et de résolutions temporelles et spatiales différentes, de gérer/modifier de la manière la plus automatique possible les informations relatives au parcellaire wallon.

Au vu de l'évolution de la réglementation européenne vers le « CbM », la recherche appliquée du projet s'est adaptée au mieux pour répondre aux besoins de l'OPW et se sont déclinés en plusieurs points repris ci-dessous (méthodes et résultats détaillés au point 3, tâche 4). Par ailleurs, l'équipe SAGRIWASENT a assuré également une mission de support à l'implémentation de la mise en place du « CbM » à l'OPW (transfert de méthodes, d'algorithmes et partage d'expertise).

Objectifs scientifiques spécifiques :

1) Identification des cultures

Cet objectif vise à classer les cultures dans les groupes de cultures considérés pour le verdissement (plus de 50 groupes), sur base d'images SENTINEL. Chaque parcelle est classée avec un indice de confiance quant à la classe donnée.

2) Respect des conditions d'entretien minimum en prairie

Cet objectif permet de vérifier l'éligibilité des prairies via le respect des conditions d'entretien minimum (au minimum une fauche ou une mise en pâture chaque année) sur base des séries temporelles SENTINEL.

3) Détection de changements (réconciliation avec les données des agriculteurs)

Cet objectif vise à identifier, sur base d'images SENTINEL, des parcelles (sur base des dernières délimitations des agriculteurs, reçues via la déclaration de superficie) au sein desquelles l'occupation du sol n'est pas homogène et présente donc probablement une différence par rapport à la dernière déclaration reçue. Pour chacune de ces parcelles identifiées, des alertes sont fournies aux agriculteurs et aux services administratifs pour les prévenir de porter une attention particulière à ces parcelles au moment de les dessiner à nouveau. Il s'agit d'alertes de changements potentiels du territoire disponibles tout au long de l'année. Les résultats permettront :

- d'aider les agriculteurs pour leur déclaration online (en faisant apparaître des spots qui présentent des changements possibles) ;
- d'interpréter les DS sans encore disposer des orthophotoplans de l'année en cours ;
- et de détecter les déclarations erronées parfois depuis plusieurs campagnes.

4) Détection de superficies inéligibles

Cet objectif vise à détecter des zones non éligibles de plus d'1 are (comme du bâti). Ce second volet est destiné à la fois à relever les erreurs au sein des parcelles déclarées par des agriculteurs qui doivent être corrigées dans le LPIS, mais également à mettre à jour l'ensemble des Parcelles de Référence tenues à jour par l'OPW.

5) Suivi des petites parcelles

Cet objectif vise à étudier les moyens les plus pertinents pour le suivi des petites parcelles qui sont difficiles ou impossible à suivre avec des données SENTINEL, étant donné la résolution spatiale d'au moins 10 m de ces données. Cela concerne notamment de nombreuses tournières enherbées.

6) Suivi de l'occupation du sol à des dates clés

Cet objectif permet de vérifier des changements à des dates clés. L'équipe SAGRIWASENT a développé une méthode de détection des destructions des couverts et de présence de sols nus sur des parcelles de terres arables. Par ailleurs, une méthode de détection des fauches en prairie a également été développée.

7) Identification des parcelles de cultures inéligibles : les sapins de Noël

Cet objectif vise à repérer les parcelles de sapins de Noël déclarées comme cultures éligibles. Ces cas sont importants à relever car ils impactent le paiement de l'agriculteur, les parcelles de sapins de Noël ne faisant pas l'objet d'aides surfaciques PAC.

1.2.2. Objectif d'amélioration du LPIS

Un second objectif concerne la mise à jour du LPIS. Cette couche d'informations géographiques est soumise annuellement à une assurance de qualité dont la procédure est cadrée par le Centre Commun de Recherches (CCR) de la Commission européenne. En 2017, les résultats de cette assurance étaient insuffisamment satisfaisants. Une partie du programme de la subvention a consisté ainsi à améliorer

la qualité du LPIS au moyen de l'exploitation des images SENTINEL, et ce, dans un cadre scientifique afin d'assurer l'apprentissage des agents dédiés à cette mission. Grâce au travail de l'équipe SAGRIWASENT, l'assurance qualité atteint en 2020 le niveau requis par la réglementation pour être admissible au régime de monitoring.

1.3 Communications internationales

Les recherches scientifiques qui ont été menées dans le cadre du projet ont fait l'objet de nombreuses communications (voir ensemble des rapports intermédiaires), y incluant neuf présentations auprès de la communauté internationale et la publication d'un article scientifique avec facteur d'impact. Sept présentations orales et deux présentations de poster lors de conférences internationales sont reprises ci-dessous :

- Lucau-Danila, C., Beriaux, E., Curnel, Y., Planchon, V. From crop growth monitoring to smart farming in Wallonia using Copernicus. COPERNICUS for Agriculture industry workshop. Brussels, 05/02/2018. oral presentation.
- Leteinturier, B., Beriaux, E., Lucau-Danila, C. Change detection in crop plots using SENTINEL imagery. Workshop on checks and management of agricultural land in IACS. Vilnius, 28-30 May 2018. oral presentation.
- Lucau-Danila, C., Beriaux, E., Leteinturier, B., Jacquemin, E. Relevance of different types of satellite images for preparation of monitoring in Walloon Region (BE). Workshop on checks and management of agricultural land in IACS. Vilnius, 28-30 May 2018. oral presentation.
- Lucau-Danila, C., Delwart, J. The Walloon vision to implement the monitoring approach. 2019 Intergarted administration and control system (IASC) Workshop. Valladolid, Spain, 10-11th April 2019. oral presentation.
- Lucau-Danila, C., Beriaux, E., Defourny, P. Impact of different Sentinel-1 data sets on crop type identification quality in the framework of the future CAP monitoring. ESA Living Planet Symposium, Milano, Italy, 13-17 May 2019. oral presentation.
- Beriaux, E., Lucau-Danila, C., Defourny, P., Multi-sensors automated method for agricultural parcels delineation change detection and update. ESA Living Planet Symposium, Milano, Italy, 13-17 May 2019. poster presentation.
- Lucau-Danila, C., Beriaux, E., Relevance of new in-situ data collection approach for automatic detection of agricultural intercrops destruction date by remote sensing. ESA Living Planet Symposium, Milano, Italy, 13-17 May 2019. poster presentation.
- Beriaux, E., Lucau-Danila, C., Jago, A., Planchon, V., Poismans, R. Retour d'expérience de l'AMS en 2019 et perspectives pour 2020. Namur, Belgique, 18/09/2019. oral presentation.
- Beriaux, E., Jago, A., Lucau-Danila, C., Planchon, V. Using Sentinel-2 data to detect new urban elements in agricultural parcels. EARSEL, virtual, 01/04/2021. oral presentation.

Un article scientifique a été publié dans la revue internationale spécialisée en télédétection « *Remote Sensing* » :

Beriaux, E., Jago, A., Danila-Lucau, C., Planchon, V. and Defourny, P. Sentinel-1 Time Series for Crop Identification in the Framework of the Future CAP Monitoring. *Remote Sensing*. 2021, 13(14),2785.¹

De nombreuses communications ont également été effectuées au niveau national, l'ensemble de ces communications sont reprises en détail dans les rapports intermédiaires du projet.

1.4 Organisation du projet

Le CRA-W, promoteur du projet a mis en place une collaboration avec l'UCL-ELIE pour la rédaction d'une publication scientifique découlant du projet (voir point précédent).

Le **comité de suivi** prévu par l'article 7 de l'AGW de subvention a assuré la supervision du projet en vérifiant l'adéquation de l'utilisation de la subvention à l'accomplissement des objectifs du projet. Il valide les plans d'actions (tableau des tâches) présentés pour le projet et s'assure de leur mise en œuvre. Il s'est réuni formellement une fois par an. Le comité de suivi réunit le CRA-W, l'UCLouvain, l'OPW, le SG/Département de la Géomatique/Direction de la Géométrie, l'ISSEP, la DGO3/DD, et un représentant du Ministre de l'Agriculture. Il s'est réuni une première fois pour le comité de lancement du projet en mars 2017 ensuite, aux mois de mars 2018, février 2019, février 2020 et avril 2021 (PV en annexe 1). Chaque comité de suivi a fait l'objet d'un rapport intermédiaire y présentant les travaux de l'année précédant le comité de suivi (1 rapport initial et 4 rapports intermédiaires en tout). Les PV de ces différentes réunions sont repris en annexe des rapports du projet).

Les méthodologies scientifiques, l'interprétation des résultats, les choix d'orientations techniques nécessaires au projet ont été discutés par un **comité scientifique** composé d'au minimum le CRA-W, l'UCLouvain, la DGO3/DAGRI/DSA et l'ISSEP. Le comité scientifique se réunit autant que nécessaire et s'est réuni les 18 novembre 2017, 26 juin 2018, 14 janvier 2019, 16 octobre 2019, 29 septembre 2020, et 28 avril 2021 (PV en annexe 2).

Par ailleurs, L'équipe SAGRIWASENT a également participé aux workshops organisés par le CCR au sujet du « CbM », à des réunions bilatérales entre la Wallonie et le CCR, et à des rencontres avec ses homologues flamands et les membres de l'OPW concernés afin de partager les expertises. De nombreuses réunions entre certains membres du comité de suivi et le CRA-W ont été menées régulièrement pour assurer une bonne communication entre tous. Les réunions qui se sont déroulées sont détaillées dans les 4 rapports intermédiaires.

1

<https://cragx.bams.belnet.be/fmlurlsvc/?fewReg=B:JVs5MjAzOSV1PjEtMyVqZz4zMjkzMiVwamRtYnd2cWY+ZWBiZTZnNmc0ZzU1Z2A1YTY6NzY2NTY2YjAwMTE2MDBhZiNhMzQxYCV3PjI1MTUwNiYyNzclcmpnPjI1RUdJNzpkMzlxNjowLjI1RUdJNzpkMzlxNjowJXFcgc3c+JWA+MDMla2dvPjIM=&url=https%3a%2f%2fwww.mdpi.com%2f2072-4292%2f13%2f14%2f2785>

1.5 Futur du projet

Une nouvelle convention SAGRIWASENT II (D65-1410, AGW du 29 avril 2021) a été mise en œuvre afin de poursuivre les travaux initiés et de répondre à de nouveaux besoins de l'OPW pour la continuité de la mise en place du « Monitoring ».

2. Activités menées

Le programme du projet est subdivisé en 8 tâches reprises au point 3 de l'annexe 1 de l'AGW de subvention du projet².

Les deux premières tâches sont relatives à la contextualisation des recherches menées.

Les tâches 3 à 7 sont relatives aux recherches scientifiques menées pour atteindre différents objectifs spécifiques. Elles incluent également une recherche technique sur l'automatisation et l'implémentation des méthodes développées afin d'être utilisées dans un contexte opérationnel. Pour ces 5 tâches, le présent rapport reprend les grandes lignes de ce qui a été effectué pour chaque objectif spécifique et les détails sont repris dans les rapports intermédiaires du projet.

La dernière tâche est relative au transfert des résultats à l'OPW.

Tâche 1. Analyse réglementaire approfondie, prise de connaissance des exigences réglementaires européennes et compréhension de leur mise en œuvre en Wallonie au niveau du LPIS et de la mise en place du monitoring

Les principaux textes européens à l'origine de la mise en place d'un LPIS et les contrôles dans le cadre du système intégré sont les suivants :

- (i) l'article 70 sur la définition du Système d'identification des Parcelles Agricoles (SIPA-LPIS) du règlement 1306/2013 du Parlement européen et du Conseil du 17 décembre 2013 relatif au financement, à la gestion et au suivi de la Politique Agricole Commune ;
- (ii) l'article 6 sur l'évaluation de la qualité du SIPA du règlement délégué (UE) N° 640/2014 de la Commission du 11 mars 2014 complétant le règlement n°1306/2013 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne le système intégré de gestion et de contrôle, les conditions relatives au refus ou au retrait des paiements et les sanctions administratives applicables aux paiements directs, le soutien au développement rural et la conditionnalité ;
- (iii) les articles 28, 29, 30 et 40bis sur les contrôles dans le cadre du système intégré du règlement d'exécution (UE) N°809/2014 de la Commission du 17 juillet 2014 établissant les modalités d'application du règlement (UE) n°1306/2013 du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne le système intégré de gestion et de contrôle, les mesures en faveur du développement rural et la conditionnalité.
- (iv) Sur le site WikiCAP de CCR https://marswiki.jrc.ec.europa.eu/wikicap/index.php/Main_Page, il y a tous les documents techniques/règlements mises à jour concernant le LPIS, les contrôles et, depuis 3 (4ans), les nouveautés concernant l'implémentation de nouveau système de suivi et support agricole.

² NB : Certains intitulés des tâches ont été légèrement adaptés dans le présent rapport au regard des intitulés repris dans l'AGW compte tenu de l'évolution du projet (dû principalement à l'arrivée du « Monitoring » (concept inexistant lors de l'adoption de l'AGW)).

L'équipe SAGRIWASENT a participé aux workshops organisés par l'équipe MARS du Centre Commun de Recherche de la Commission européenne relatifs à la gestion du LPIS (1 workshop par an) et l'implémentation progressive des nouvelles règles pour préparer le prochain Area Monitoring System-AMS (1 workshop par an). Lors de ceux-ci, la Direction Générale de l'Agriculture et du développement rural (DG AGRI) de la Commission européenne était présente et a expliqué l'évolution de la réglementation.

Les EM ont pu opter pour réaliser du suivi agricole par « CbM » dès 2019. Les EM peuvent décider d'appliquer le « CbM » par phase, en commençant par exemple au niveau d'un seul régime d'aide liée à une zone particulière, pour une mesure précise ou pour un type d'opération donné (par exemple pour les mesures de développement rural).

Les EM doivent notifier à la Commission européenne leur décision d'appliquer officiellement le nouveau modèle de surveillance (« monitoring ») pour l'année n , le 1^{er} décembre de l'année $n-1$.

L'implémentation de l'AMS proprement dit est annoncée comme obligatoire à partir de 2023. Jusque-là, les EM ont le choix de se préparer en passant par une période transitoire (Check By Monitoring – « CbM ») qui permet d'accumuler de l'expérience pour une implémentation opérationnelle de l'AMS. Comme le changement va être assez radical, cette période transitoire est très importante et chaque Agence de Paiement (AP) doit en profiter le plus possible pour adapter les solutions qui correspondent le mieux à son organisation, ses spécificités techniques, organisationnelles et réglementaires. Un résumé de l'évolution « technologique » dans le cadre de la PAC est présenté à la Figure 1.

En 2021, La Wallonie a notifié à la COM qu'elle voulait entrer officiellement dans le « CbM », faisant partie des autres 10 AP qui ont fait ce choix.

Livrable

Livrable 1. Présentation de l'évolution des exigences réglementaires européennes et possibilité de mise en œuvre en Wallonie.

History of innovations/developments to support the CAP

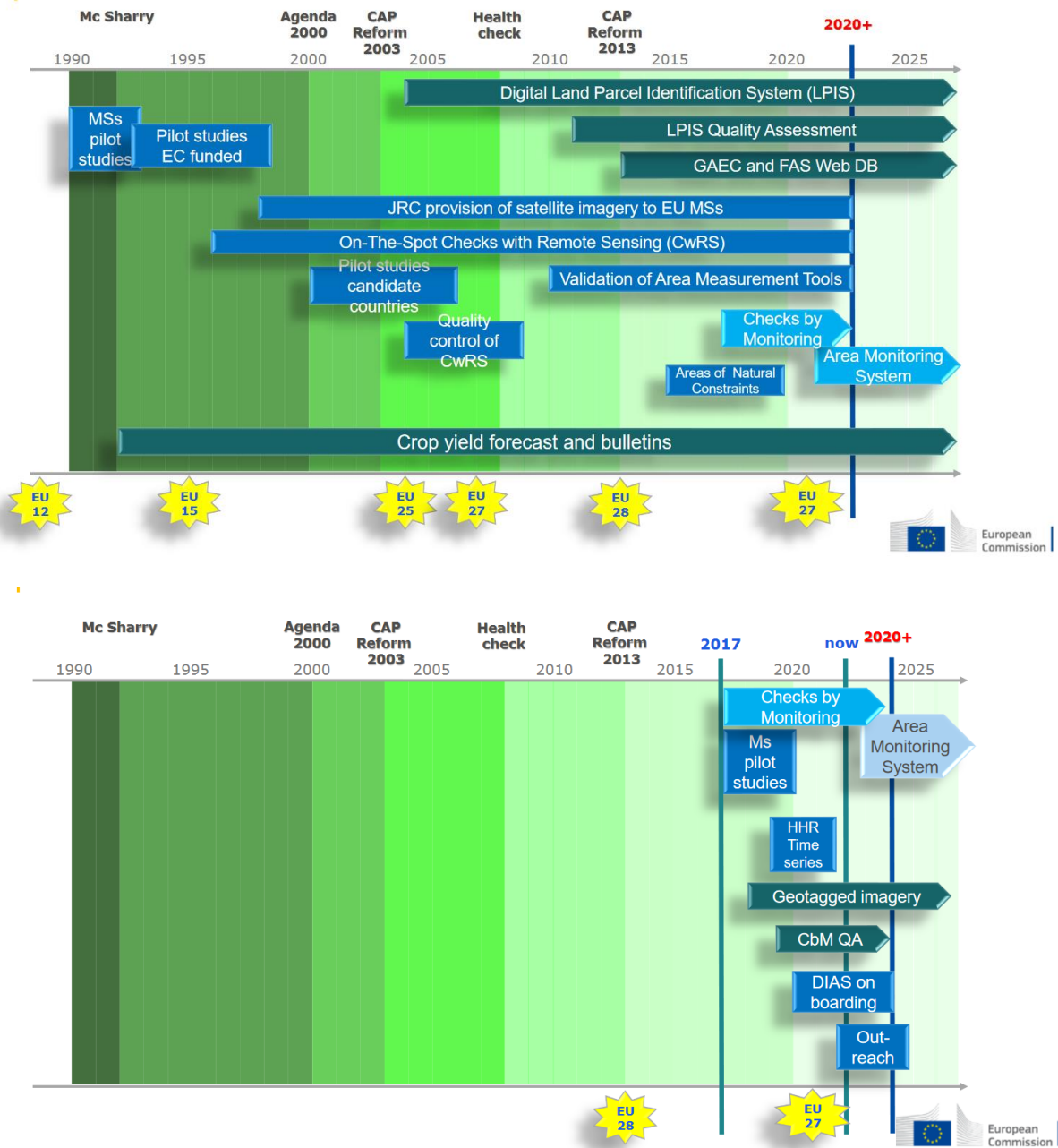


Figure 1 : Historique des développements et innovations en support à la Politique Agricole Commune.

Tâche 2. Comparaison avec les systèmes et les choix d'autres AP des pays européens

En 2021, dix Etats Membres ont opté pour un passage officiel au contrôle par « CbM » pour tout ou une partie de leur territoire et certains régimes d'aide (notification envoyée à la COM) : la Belgique (Wallonie et Flandre), l'Italie, l'Espagne, le Danemark, Malte, l'Allemagne, la Croatie, l'Irlande, la Lettonie et le Portugal (illustration à la Figure 2).

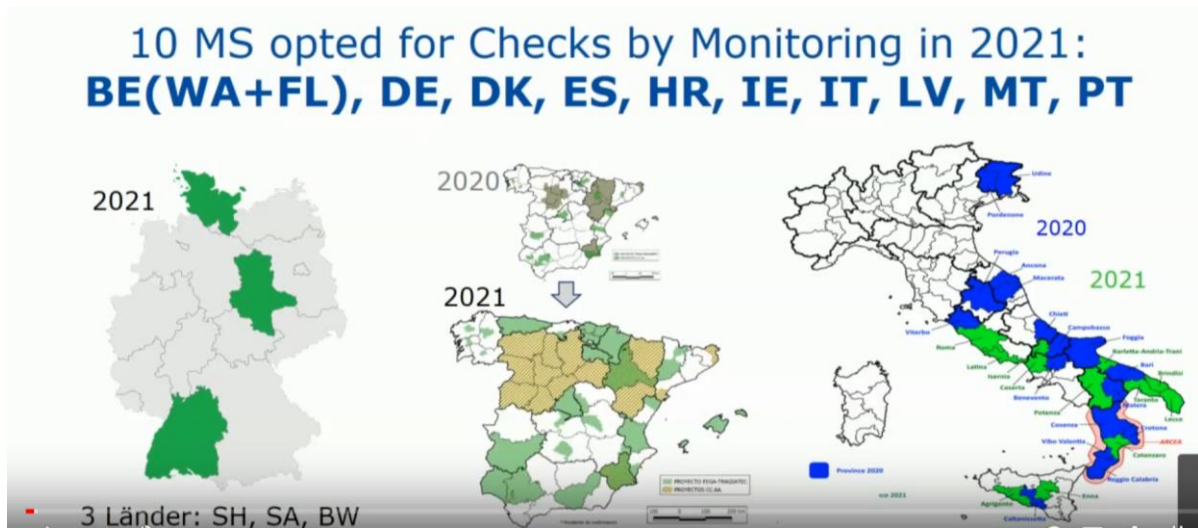


Figure 2 : 10 Etats membres ont notifié leur volonté d'entrer officiellement en « CbM » en 2021.

Concernant les choix techniques pour l'implémentation de l'AMS, chaque AP a la possibilité d'utiliser les solutions existantes en termes d'algorithmes et de système informatique (comme les DIAS expliqués plus en détail ci-dessous). Il ressort clairement qu'il n'existe pas de solution commune et universelle ! Il est fortement indiqué de profiter de l'expérience accumulée et en même temps de pouvoir partager les données entre les différents EM (data sharing).

En ce qui concerne la possibilité d'externaliser (en partie ou complètement) le processus « AMS », la majorité des AP semble opter pour une période d'accumulation d'expériences, donc de préparer une majorité des étapes en interne (même si ça se fait avec le support de compagnies externes).

Différents algorithmes 'open source', développés à travers des projets comme SEN4CAP, NIVA, DIONE, ENVISION ou CCR (MARS - <http://78.128.216.156/>), sont disponibles.

Le projet SEN4CAP – The Sentinels for Common Agricultural Policy – (<http://esa-sen4cap.org/>), développé par l'ESA et coordonné par l'UCLouvain-ELIE, s'inscrit dans l'objectif du suivi continu de toute la superficie agricole à l'échelle européenne. Les objectifs de ce projet rejoignent notamment les objectifs spécifiques de SAGRIWASENT que sont la détection des changements, la classification des groupes de cultures et le suivi des couverts à des dates clés. Un outil libre d'accès a été développé pour l'atteinte de ces objectifs. Au sein de ce projet, l'étude est menée dans 6 zones européennes situées aux Pays-Bas, en Espagne, en Italie, en Lituanie, en République tchèque et en Roumanie. Ce projet est mené en collaboration avec la DG AGRI, la DG GROW et les agences de paiements des zones d'étude.

L'outil SEN4CAP peut être un outil intéressant à utiliser pour la mise en place du « Monitoring » et est d'ailleurs testé par différents EM. La version 3 de cet outil a été délivrée durant ce printemps 2021.

Cet outil effectue de manière automatique notamment le pré-traitement des images S1 et S2, l'extraction des valeurs de pixels par polygone, la classification des cultures et propose également des algorithmes de détection des fauches et des destructions des couverts. Le tout est développé en opensource et peut être ajusté par les utilisateurs de l'outil.

Afin de pouvoir utiliser cet outil, il convient à la fois d'avoir des compétences informatiques (spécificités techniques des machines précises et de haut niveau, étant donné la lourdeur des données SENTINEL - SAGRIWASENT a emmagasiné une cinquantaine de To pour les 4 années du projet), ainsi que des compétences en télédétection pour comprendre comment ajuster l'outil aux spécificités locales de chaque EM.

Pour faciliter et normaliser l'accès aux données, la Commission européenne a financé le déploiement de 5 plateformes basées sur le cloud offrant un accès centralisé aux données et informations Copernicus, ainsi qu'aux outils de traitement de celles-ci. Ces plateformes, présentées à la Figure 3, sont connues sous le nom de DIAS (Data and Information Access Services), ou services d'accès aux données et à l'information.

Un comparatif de ces plateformes est repris ici : https://gitlab.com/idgeo_public/etude-dias.

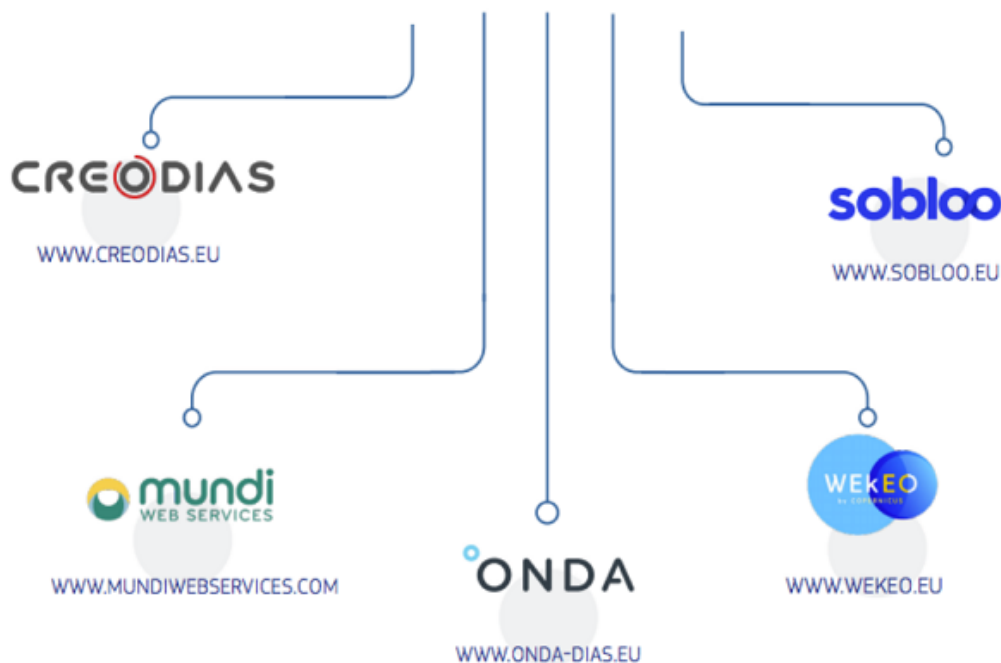


Figure 3 : 5 plateformes basées sur le cloud - « Data and Information Access Services » (DIAS) – ont été mises en œuvre sur base de financements octroyés par la Commission européenne.

En 2021, 4 des 5 DIAS semblent plus actifs dans le domaine de « CbM »/ « AMS », il s'agit de CREODIAS, MUNDI, ONDA et SOBLOO.

Par contrat, tous les DIAS doivent offrir des services similaires en termes d'accès aux images S1 et S2 (L8), puissance de calcul, stockage et transférabilité. Les coûts annoncés initialement en 2018 (2019) sont revus à la baisse mais ça reste assez variable en fonction des services choisis. Une comparaison des offres proposées par les DIAS est disponible à l'adresse <https://earsc.org/dias-comparison/>.

En Flandre, l'AP a choisi de faire seulement le traitement des images S1 et S2 sur un DIAS, le reste des traitements après l'extraction des marqueurs est réalisé sur une infrastructure informatique locale. La Flandre a également pris des contacts avec le VITO pour éventuellement trouver d'autres solutions plus adaptées à différents utilisateurs au sein de l'administration flamande.

Pour les AP qui sont rentrés officiellement en « CbM » en 2019, la DG AGRI a payé les coûts d'utilisation des DIAS. Cette formule a été poursuivie aussi en 2020 et a été élargie aux AP qui veulent faire des tests (projets pilotes) en vue de rentrer en « CbM » en 2021. Une lettre d'intention à adresser à la DG AGRI permet de demander un accès à une infrastructure de type DIAS. Dans ce cadre, l'équipe SAGRIWASENT a bénéficié gratuitement d'une machine virtuelle (MV) sur le DIAS ONDA de juillet 2020 jusqu'à la fin du projet. Le service additionnel offert par l'équipe ONDA par rapport à d'autres solutions classiques de Cloud Computing concerne surtout la configuration de la MV, l'accès plus aisé aux données SENTINEL et le prétraitement des images S1, adapté aux besoins de l'utilisateur. Ayant déjà développé une expertise en matière de prétraitement des images – partagée avec l'OPW, l'équipe SAGRIWASENT a utilisé principalement cette MV pour sa puissance de calcul dans le cadre de ses activités de recherche. Elle a permis de faire tourner de nombreuses analyses de données très gourmandes en temps de calcul, ainsi que d'installer Sen4CAP afin d'utiliser certains de ses services.

Livrable

Livrable 2. Etats des lieux sur l'utilisation et l'intégration des données satellitaires par les autres états membres et description des pistes d'amélioration du LPIS wallon.

Tâche 3. Recherches bibliographiques et techniques sur l'utilisation et l'intégration des images satellitaires pour la gestion du LPIS et la mise en place du monitoring

Des recherches bibliographiques et techniques ont été menées pour les différents objectifs spécifiques suivants :

- identification des cultures (tous les détails dans la publication « Beriaux, E., Jago, A., Danila-Lucau, C., Planchon, V. and Defourny, P. Sentinel-1 Time Series for Crop Identification in the Framework of the Future CAP Monitoring. Remote Sensing. 2021, 13(14),2785. »³) ;
- détection des éléments non éligibles au sein de parcelles agricoles (détails au point « Tâche A.3. b) » du rapport intermédiaire – année 3, voir également Li et al. (2014)⁴, Beaumont et al. (2017)⁵ et Dinis et al. (2010)⁶ ;
- suivi des parcelles de petite taille au moyen des images PLANET cultures (tous les détails en annexe 7 du rapport intermédiaire – année 4) ;
- détection des fauches en prairie (détails en annexe 8 du rapport intermédiaire – année 4, voir également De Vroey et al. (2020)⁷ et Stendardi et al. (2019)⁸) ;
- détection de la destruction des couverts (détails en annexe 9 du rapport intermédiaire – année 4, voir aussi Shang et al. (2020)⁹) ;
- détection des sols nus cultures (détails en annexe 10 du rapport intermédiaire – année 4, voir aussi Shang et al. (2020)⁹) ;
- évolution des profils temporels S1 et S2 par groupe de culture (détails au point « Tâche A.3. f) » du rapport intermédiaire – année 3).
- les changements des limites des parcelles (détails au point « Tâche A.3 a) » du rapport intermédiaire – année 3).

Livvable

Livvable 3. Etats des lieux sur les avancées technologiques au niveau des images satellitaires et des potentialités de leur exploitation dans le cadre du contrôle de la PAC (LPIS et contrôle sur place)

3

<https://cragx.bams.belnet.be/fmlurlsvc/?fewReq=B:JV55MjAzOSV1PjEtMyVqZz4zMikzMiVwamRtYnd2cWY+ZWBiZTZnNmc0ZzU1Z2A1YTY6NzY2NTY2YjAwMTE2MDBhZjNhMzQxYCV3PjI1MTUwNjYyNzclcm9pPjI1RUdJNzpkMzlxNjowLjI1RUdJNzpjMzlxNjowJXFc3c+JWA+MDMla2dVjIM=&url=https%3a%2f%2fwww.mdpi.com%2f2072-4292%2f13%2f14%2f2785>

⁴ Li, S., Chen, X., A new bare soil index for rapid mapping developing areas using landsat 8 data. ISPRS Technical Commission IV Symposium, 14-16 May 2014, Suzhou, China.

⁵ Beaumont, B., Lennertz, M., Grippa, T., Vanhuyse, S. Toward an operational framework for fine-scale urban land-cover mapping in Wallonia using submeter remote sensing and ancillary vector data. Journal of Applied Remote Sensing. 2017.

⁶ Dinis, J., Navarro, A., Soares, F., Freire S., Santos, T., Fonseca, A.M., Afonso, N., Tenedorio, J., Hierarcical object-based classification of dense urban areas by integrating high spatial resolution satellite images and LiDAR elevation data. 2010. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII-4/C7.

⁷ De Vroey, M., Radoux, J., Defourny, P., Grassland mowing detection using sentinel-1 time series: potential and limitations, Remote Sensing, 2021, 13, 348.

⁸ Stendardi, L., Rune Karlsen, S., Niedrist, G., Gerdol, R., Zebisch, M., Rossi, M., Notarnicola, C., Exploiting time series of Sentinel-1 and Sentinel-2 imagery to detect meadow phenology in mountains regions.

⁹ Shang, J., Liu, J., Poncos, V., Geng, X., Qian, B., Chen, Q., Dong, T., Macdonald, D., Martin, T., Kovacs, J. and Walters, D. Detection of crop seeding and harvest through analysis of time-series Sentienl-1 interferometric SAR data. 2020. Remote Sensing, 12, 1551.

Tâche 4. Recherche technique sur la manière d'automatiser l'intégration des données satellitaires

Cette tâche vise à définir et à appliquer une méthodologie pour chaque objectif scientifique spécifique du projet pour une année et sur des zones tests et inclut notamment le codage des algorithmes et le support à l'implémentation de ceux-ci. Ces informations ont été transmises aux informaticiens du SPW afin que les méthodologies soient transcrites au sein des logiciels propres au SPW.

Le chemin est long et sinueux entre l'obtention des données satellitaires brutes et leur utilisation au sein d'une application opérationnelle. Parmi les multiples raisons, on citera par exemple :

- la nécessité de plusieurs étapes de prétraitement avant de pouvoir utiliser les données ;
- la taille conséquente des images, nécessitant de grosses capacités de stockage et de structuration des fichiers ;
- les longs temps de calcul nécessaires au traitement et à l'extraction des données.

Comme source principale de données satellitaires, SAGRIWASENT a utilisé les images SENTINEL provenant du programme COPERNICUS de l'ESA. Disponibles gratuitement, elles sont en théorie utilisable par tout citoyen. Mais en pratique, de nombreuses voix pointent la nécessité d'une expertise et d'une lourde infrastructure comme une barrière à leur utilisation. Plusieurs initiatives émergent pour tenter d'en faciliter l'accès mais il n'y a toujours pas de solution miracle et universelle à l'heure actuelle.

Même si elles varient selon chaque source de données spécifique, trois étapes sont en général nécessaires pour mener aux applications concrètes développées au sein du projet SAGRIWASENT :

- l'acquisition et le prétraitement des images satellitaires ;
- l'extraction de signaux pertinents pour l'agriculture ;
- l'utilisation de ces signaux dans des algorithmes et protocoles spécifiques.

L'objectif de la présente tâche est d'automatiser un maximum chacune de ces étapes afin de les effectuer de manière robuste, rapide et transparente.

Pré-traitement des données SENTINEL 1 et 2

Pour cette première étape, des algorithmes (Livrable 4a) ainsi que des protocoles spécifiant les démarches informatiques détaillées à suivre (Livrable 4b) ont été transmis à l'équipe informatique de l'OPW par voie électronique durant l'année 3 du projet (plus de détails dans le « rapport intermédiaire – année 3 » du projet). En parallèle, un support à l'implémentation pour le pré-traitement des images a été apporté par l'équipe SAGRIWASENT, ce qui a permis à l'OPW de l'intégrer et de l'optimiser dans son système informatique.

Par ailleurs, l'équipe SAGRIWASENT a aussi automatisé l'ensemble des étapes de pré-traitement et d'extraction des signaux en interne. Elle a prétraité en interne l'ensemble des images SAR GRD et SLC pour les années 2017, 2018, 2019, 2020 et début 2021 sur l'ensemble de la Wallonie pour les orbites 161 et 37 et les polarisations VV et VH. L'équipe SAGRIWASENT a également téléchargé l'ensemble des données S2 pré-traitées par le CNES sur la Wallonie depuis 2017, elle y a appliqué les masques de

nuage et de neige, et en a dérivé des images de plusieurs indices dont le NDVI, le LAI (grâce à l'outil SEN4CAP), et le NDWI. L'outil développé permet de calculer facilement de nouveaux indices à partir des images S2.

Il est à noter que l'ensemble des données stockées par SAGRIWASENT représente un volume de 50 To.

Extraction des signaux

A partir des images satellitaires prétraitées, il est souvent nécessaire d'extraire et de moyenniser ces données sur des zones spécifiques, par exemple des parcelles agricoles. Ces extractions se font pour plusieurs images, correspondant à différentes dates (par exemple sur toute une saison agricole) afin d'obtenir une série temporelle pour chaque parcelle.

L'équipe SAGRIWASENT a développé un outil en interne permettant d'automatiser ces extractions. Cet outil, baptisé 'sagrXtract / sagrXpert', a été pensé afin de répondre aux besoins spécifiques du projet mais tout en étant assez générique pour être utilisable par d'autres projets nécessitant des données satellitaires. Quelques caractéristiques :

- il est optimisé pour traiter un grand nombre d'images et de parcelles à la fois. Ceci permet des itérations rapides lors du développement d'algorithmes dans un cadre de recherche.
- il est compatible avec plusieurs sources de données, permettant d'extraire à la fois des données SAR (coefficient de rétro-diffusion, cohérence, etc.) et optiques (bandes spectrales, NDVI, LAI, etc.). D'autres indices peuvent être ajoutés selon les besoins, mais également d'autres sources que SENTINEL telles que PlanetScope.
- il intègre des options génériques mais aussi spécifiques au projet (comme l'application d'un buffer). Il est pensé pour être évolutif et pour s'adapter à de nouveaux besoins du projet ou d'autres projets.

Etant donné la longue route entre l'obtention des données brutes et leur utilisation, le fait de bénéficier d'un outil interne permet d'automatiser au maximum les différentes étapes tout en les adaptant aux besoins spécifiques. En effet, puisqu'il s'agit d'un cadre de recherche et pas opérationnel, ceux-ci changent en effet régulièrement afin de tester différentes possibilités.

Par ailleurs, l'OPW a également intégralement implémenté l'extraction des signaux dans leur système interne, grâce à un support à l'implémentation donné par l'équipe SAGRIWASENT et aux protocoles suivants qui ont été transmis au cours du projet :

- protocole et algorithmes d'extraction des signaux et indices (année 3) ;
- algorithme d'interpolation des signaux/indices optiques pour combler les NoDATA (année 3).

Protocoles et algorithmes pour l'atteinte de chaque objectif spécifique

Cette quatrième tâche vise également à définir et à appliquer une méthodologie pour chaque objectif scientifique spécifique du projet pour une année et sur des zones tests et inclut notamment le codage des algorithmes. Les algorithmes permettant d'atteindre les objectifs suivants (codés en Python et en R) ont été transmis à l'équipe informatique de l'OPW (en format électronique) (Livrable 4a) au cours du projet :

- document technique concernant la méthodologie à suivre pour la détection des parcelles hétérogènes (année 2) ;
- détection des sapins de Noël (année 3) ;
- identification des cultures (année 4);
- extraction des profils temporels du NDVI par parcelle (année 4);
- extraction de sets d'images par parcelle pour une période donnée (année 4);
- détection des sols nus (année 4);
- détection des fauches (année 4);
- détection de la destruction des couverts (année 4).

De plus, ils ont fait l'objet d'évolutions régulières en étroite collaboration avec l'équipe informatique de l'OPW. Un support à l'implémentation des algorithmes et procédures à suivre a été fourni par l'équipe SAGRIWASENT via de nombreux échanges techniques entre l'équipe SAGRIWASENT et les informaticiens de l'OPW (et notamment deux journées de travail ensemble au CRA-W) qui ont pu transcrire la méthodologie au sein des logiciels propres au SPW. Ces derniers ont aussi eux-mêmes fait évoluer certains algorithmes suite à de nouvelles remarques/propositions d'amélioration faites par l'équipe SAGRIWASENT. Ce support à l'implémentation a aussi concerné la détection des parcelles multi-couverts et des sapins de Noël (dont les algorithmes avaient été transmis en troisième année du projet).

Livrables

Livrable 4a. Propositions d'intégration des nouveaux algorithmes et procédures

Livrable 4b. Analyse fonctionnelle des modifications à réaliser dans le système informatique de l'OPW.

Tâche 5. Implémentation ou mise en place opérationnelle de l'intégration de données géospatiales pour la gestion du LPIS et la mise en place du monitoring

Sur base des codes développés au cours de la tâche 4, les méthodologies ont été appliquées à l'ensemble de la Wallonie par l'équipe SAGRIWASENT. En fin de projet, les informaticiens de l'OPW ont pu transcrire les méthodologies au sein des logiciels propres au SPW pour l'ensemble des méthodes reprises à la tâche 4. Certains protocoles/algorithmes ont fait l'objet d'amélioration et ont pu être directement améliorés en fin de projet par les informaticiens de l'OPW sur base des suggestions de l'équipe SAGRIWASENT. De nombreux échanges techniques ont eu lieu entre l'équipe SAGRIWASENT et les informaticiens de l'OPW (et notamment deux journées de travail ensemble au CRA-W) pour y aboutir.

Livrable

Livrable 5. Rapport sur la mise en place opérationnelle de l'intégration de données géospatiales non reprises à l'heure actuelle dans le LPIS.

Tâche 6. Recherche technique sur la manière d'intégrer les modifications interannuelles de manière la plus automatique possible. Mise en place opérationnelle des corrections et des changements entre les années n et n-1, au départ des données d'Observation de la Terre

Cette tâche concerne, d'une part, l'automatisation de la détection de modifications interannuelles et, d'autre part, la mise à jour du LPIS avec des modifications interannuelles par photo-interprétation.

Automatisation

L'équipe SAGRIWASENT s'est focalisée sur le développement de méthodes automatiques pour appuyer l'ajustement du parcellaire suite aux changements de la réalité de terrain. Elles concernent deux objectifs principaux : la détection des multi-couverts, d'une part, et des éléments urbains, d'autre part. Ces méthodes visent à alléger le plus possible le travail manuel. Cette tâche est en lien avec la tâche 5 et s'est faite en parallèle.

Concernant la détection des multi-couverts, le cahier des charges spécifiant les démarches informatiques détaillées a été rédigé et transmis à l'OPW et les informaticiens du SPW l'ont entièrement transcrit au sein des logiciels propres au SPW (détail de la procédure dans le rapport SAGRIWASENT – année 3).

Concernant la détection des éléments urbains, une collaboration étroite a été entamée avec l'OPW afin de développer une méthode qui rencontre au mieux leurs besoins tout en restant réaliste par rapport aux contraintes techniques imposées par les données satellitaires. La méthode n'est dès lors pas destinée à fonctionner de façon complètement autonome. Elle a pour objectif de présélectionner des zones susceptibles de contenir de nouveaux éléments urbains que les agents peuvent alors vérifier. En utilisant des données SENTINEL plutôt que des orthophotos, cette approche a également pour but une mise à jour plus fréquente plutôt qu'une vérification annuelle.

Afin de développer une telle méthode, il est nécessaire de construire un jeu de données de qualité concernant les nouveaux éléments urbains. Cette étape préalable s'est à nouveau effectuée avec un soutien étroit de l'OPW et a demandé de croiser plusieurs types de données tels que les orthophotos et différents parcellaires. Les agents SAGRIWASENT responsables de la photo-interprétation (voir plus bas) ont pu être mis très utilement à contribution pour l'élaboration de ce jeu de données.

Une version prototypée de la méthode donne de premiers résultats encourageants. Le travail reste à améliorer afin de mener à un protocole opérationnel. Les résultats actuels ont été présentés à la conférence EARSeL en avril 2021 (30-31/04/2021). Tous les détails plus techniques et scientifiques sont repris en annexe 6 du rapport intermédiaire – année 4.

Photo-interprétation

La disponibilité d'un LPIS de qualité est un préalable indispensable aux processus de traitement des images satellitaires élaborés dans le cadre du projet de recherche SAGRIWASENT.

Cette couche d'informations géographiques est soumise annuellement à une assurance qualité dont la procédure est cadrée par le Centre Commun de Recherches (CCR - JRC) de la Commission européenne. Jusqu'en 2018 compris, les résultats de cette assurance étaient insuffisamment satisfaisants.

Une partie du programme de la subvention a consisté ainsi à améliorer la qualité du LPIS au moyen, entre autres, de l'exploitation des images SENTINEL, et ce, dans un cadre scientifique afin d'assurer l'apprentissage des agents dédiés à cette mission. Grâce au travail de l'équipe SAGRIWASENT, l'assurance qualité atteint en 2019 et 2020 le niveau requis par la réglementation pour garantir des surfaces maximales éligibles correctes pour l'octroi des aides et pour être admissible au régime de monitoring.

Plus spécifiquement, certains agents SAGRIWASENT ont travaillé essentiellement sur la mise à jour du LPIS wallon (Land Parcel Identification System). Ils ont effectué des tâches diverses dans le but d'améliorer ce référentiel et de le mettre en conformité (cf. exercice annuel d'Assurance Qualité du LPIS, art.6 du Reg (CE) 640/2014). En effet, la disponibilité d'un LPIS de qualité est un préalable indispensable à un juste calcul des aides et à la mise en œuvre du « CbM » utilisant différents processus de traitement des images satellitaires.

Les principales tâches effectuées ont eu trait :

- au traitement de constats ACTU. Ces constats ont amené à la soustraction de zones inéligibles des parcelles agricoles, mais également à corriger des défauts d'imprécisions ;
- à des scissions/fusions de PR rendant le LPIS conforme en limitant le nombre de parcelles par PR tout en respectant la notion de bloc physique ;
- à veiller à appliquer la rétroactivité des changements réalisés sur les campagnes précédentes si nécessaire.

Livrables

Livrable 6a. Propositions de méthodes opérationnelles d'analyse des modifications interannuelles.

Livrable 6b. Analyse fonctionnelle des modifications à réaliser dans le système informatique du LPIS pour inclure les méthodes d'analyse des modifications interannuelles.

Tâche 7. - Validation de l'adéquation entre les données de terrain et les observations géospatiales

La validation des résultats obtenus ainsi que les données de terrain collectées et utilisées comme jeux de validation ont été détaillées pour les objectifs suivants :

- Identification des cultures (détails dans la publication « Beriaux, E., Jago, A., Danila-Lucau, C., Planchon, V. and Defourny, P. Sentinel-1 Time Series for Crop Identification in the Framework of the Future CAP Monitoring. Remote Sensing. 2021, 13(14),2785. »),
- Détection des prairies ne respectant pas le critère d'entretien minimal cultures (détails à l'annexe 5 du rapport intermédiaire – année 4),
- Détection des éléments urbains au sein de parcelles agricoles (détails à l'annexe 6 du rapport intermédiaire – année 4),
- Détection des fauches en prairie (détails à l'annexe 8 du rapport intermédiaire – année 4),
- Détection de la destruction des couverts (détails à l'annexe 9 du rapport intermédiaire – année 4),
- Détection des sols nus (détails à l'annexe 10 du rapport intermédiaire – année 4).

Livrables

Livrable 7a. Rapport de validation entre les données déclarées dans la déclaration de superficie (DS) et les observations géospatiales.

Livrable 7b. Rapport de validation sur l'analyse des modifications interannuelles.

Tâche 8. Transfert des résultats de la recherche à l'OPW et rédaction de documents techniques/rapports finaux

Ci-dessous, la liste des résultats, algorithmes et méthodes transférés à l'OPW durant le projet :

- Résultats :
 - 12 sets de parcelles multi-couverts avec le protocole utilisé ;
 - 6 résultats de classification des cultures pour les années 2017 (période janvier-juillet), 2018 (période janvier-juillet) et 2019 (périodes janvier-mai, janvier-juin, janvier-juillet, janvier-août) (années 2, 3) ;
 - une analyse des résultats de classification des cultures selon l'indice de confiance et la superficie des parcelles (année 4).

- Protocoles et algorithmes :
 - document technique concernant la méthodologie à suivre pour la détection des parcelles hétérogènes (année 2, détails en annexe 4 du rapport intermédiaire – année 2) ;
 - protocoles de pré-traitement des données SAR et optiques (année 3, détails au point « Activités durant la période », Tâche 4 des différents rapports intermédiaires SAGRIWASENT + protocoles transmis en format pdf à l'équipe informatique de l'OPW);
 - protocole et algorithmes d'extraction des signaux et indices (année 3, détails au point « Activités durant la période », Tâche 4 des différents rapports intermédiaires SAGRIWASENT + scripts transmis à l'équipe informatique de l'OPW),
 - algorithme d'interpolation des signaux/indices optiques pour combler les NoDATA (année 3, scripts transmis à l'équipe informatique de l'OPW) ;
 - détection des sapins de Noël (année 3, , détails au point « Activités durant la période », Tâche 4 du rapport intermédiaire - année 3 + scripts transmis à l'équipe informatique de l'OPW) ;
 - identification des cultures (année 4, scripts transmis à l'équipe informatique de l'OPW);
 - extraction des profils temporels du NDVI par parcelle (année 4, scripts transmis à l'équipe informatique de l'OPW);
 - extraction de sets d'images par parcelle pour une période donnée (année 4, scripts transmis à l'équipe informatique de l'OPW);
 - détection des sols nus (année 4, détails en annexe 10 du rapport intermédiaire - année 4 + scripts transmis à l'équipe informatique de l'OPW);
 - détection des fauches (année 4, détails en annexe 8 du rapport intermédiaire - année 4 + scripts transmis à l'équipe informatique de l'OPW);
 - détection de la destruction des couverts (année 4, , détails en annexe 9 du rapport intermédiaire - année 4 + scripts transmis à l'équipe informatique de l'OPW).

Livrable

Livrable 8. Rapport final sur l'implémentation et la mise en pratique des résultats de la recherche dans les applications liées au LPIS de l'OPW.

3. Valorisation complémentaire des acquis

L'équipe SAGRIWASENT a créé un outil de visualisation et de caractérisation de zones spécifiques.

Comme le montre la figure ci-dessous, cet outil permet de visualiser sur plusieurs orthophotoplans certaines zones spécifiques ainsi que de leur attribuer une labellisation. Ces zones spécifiques peuvent par exemple couvrir un pixel d'une image satellitaire (comme dans la Figure 4, il s'agit d'une zone couvrant un pixel d'une image S2) ou un polygone donné (comme par exemple une parcelle qui a été non conforme aux conditions d'entretien minimal). Cet outil est très utile pour la création de jeux de données obtenus par photo-interprétation, intéressants dans le cadre de recherches variées.

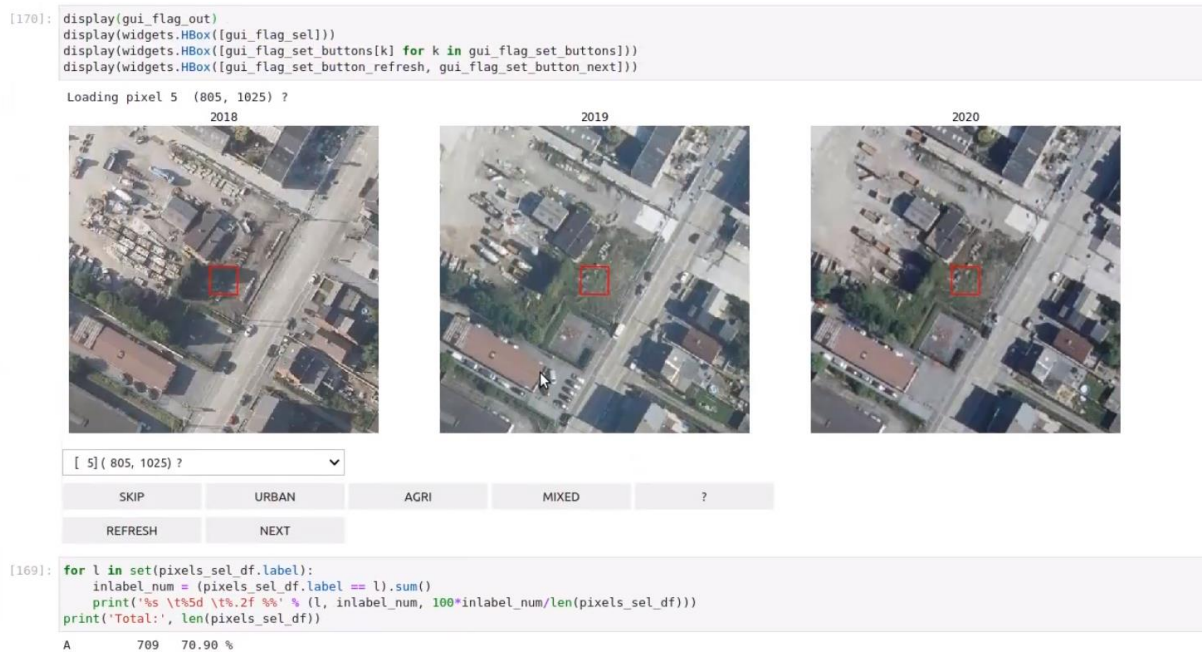


Figure 4 : Illustration d'un outil de visualisation et de caractérisation de zones spécifiques développé par l'équipe SAGRIWASENT.

L'équipe SAGRIWASENT a mis ses compétences en télédétection au profit de la rédaction de 4 rapports relatifs à la sécheresse en Wallonie pour les années 2017, 2018, 2019 et 2020 (rapport 2020 repris en annexe 3). Ces rapports sont basés sur le suivi de deux indices (NDVI et NDWI) issus des images satellitaires SENTINEL-2, indices utilisés comme indicateurs de rendements qui permettent d'avoir une vue d'ensemble de la répartition spatiale de l'état de la végétation par rapport à la sécheresse en Wallonie.

L'équipe SAGRIWASENT a élaboré un outil automatique d'extraction des informations dérivées de séries temporelles d'images satellitaires. L'objectif de cet outil est de mettre à disposition des 'produits finaux' (e.g. série temporelle de NDVI) pour différents types d'utilisateurs en permettant une sélection par région d'intérêt (sur base d'un shapefile par exemple).

4. Conclusions

Le projet SAGRIWASENT, dont les objectifs initiaux visaient à simplifier et à automatiser au maximum la gestion des DS et du LPIS grâce à une exploitation optimale de l'information satellitaire, a été en constante adaptation pour répondre au mieux aux besoins nouveaux de l'OPW face à l'arrivée du « Check by Monitoring » (CbM) en Wallonie. Le « CbM » consiste à suivre et évaluer tout au long de l'année les activités et les pratiques réalisées sur les parcelles agricoles. L'objectif est d'utiliser les images satellitaires SENTINEL, ou toute autre donnée pertinente, afin d'assurer un suivi en continu des critères d'éligibilité, d'engagements et autres obligations des régimes d'aides PAC afin de conclure à l'éligibilité de l'aide et de procéder au paiement de l'agriculteur.

Dans ce cadre, l'équipe SAGRIWASENT a développé des protocoles et algorithmes basés sur les séries temporelles SENTINEL SAR et optique, et répondu à des besoins concrets et opérationnels de l'OPW au vu de sa candidature officielle au système « CbM » en 2021. Plusieurs protocoles et algorithmes, chacun en lien avec une réglementation précise à suivre par « CbM », ont été entièrement implémentés dans le système informatique de l'OPW grâce aussi à un support régulier apporté de la part du CRA-W aux équipes informatiques de l'OPW (synthèse dans le tableau repris à la Figure 5).

Objectif spécifique	Réglementation	Statut
Homogénéité du couvert	Mise à jour du LPIS	Opérationnel à l'OPW
Détection sapins de Noël	Eligibilité	Opérationnel à l'OPW
Identification des cultures	Activités agricoles + verdissement	Algorithmes implémentés
Sols nus (labour)	Activités agricoles + CIPAN/SIE + interdiction labour	<u>Algorithmes implémentés + recherche</u>
Détection des fauches	Eligibilité	<u>Algorithmes implémentés + recherche</u>
Destruction des couverts (récolte)	Eligibilité + CIPAN/SIE + interdiction destruction/labour	<u>Algorithmes implémentés + recherche</u>
Détection des éléments urbains	Eligibilité + mise à jour du LPIS	Recherche
Suivi des petites parcelles	Toutes	Recherche
Profils temporels	Activités agricoles + CIPAN/SIE + interdiction destruction/labour	Recherche
Entretien minimal	Eligibilité	Recherche

Figure 5 : Synthèse des objectifs spécifiques étudiés dans le cadre du projet SAGRIWASENT, de la réglementation à laquelle chacun est lié et de l'état d'avancement du transfert des protocoles de chaque objectif dans l'infrastructure informatique de l'OPW.

Plus concrètement, les résultats de SAGRIWASENT permettent de visualiser les parcelles dont les dernières délimitations déclarées ne correspondent pas/plus à la réalité du terrain. Ce premier résultat concret permet :

- de donner aux agriculteurs des images très récentes de leurs parcelles modifiées par rapport à l'année antérieure pour qu'ils puissent mieux les cibler et les dessiner lors de leur DS (directement sur PAConWEB, illustration à la Figure 6) ;

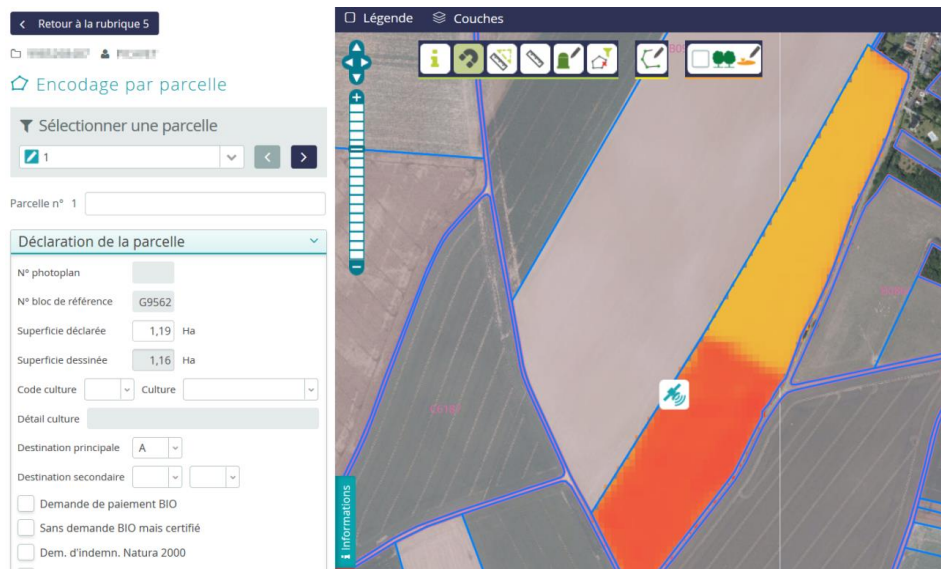


Figure 6 : Illustration de l'outil développé sur PAConWEB d'après le protocole de détection des multi-couverts développé par l'équipe SAGRIWASENT.

- d'envoyer des alertes aux directions extérieures pour qu'elles vérifient le tracé de parcelles potentiellement à redessiner tout au long de l'année.

Une grande avancée scientifique est représentée par les résultats obtenus en utilisant conjointement des images NDVI (SENTINEL-2, illustration sur l'image centrale de la Figure 7) et des produits de cohérence SAR (SENTINEL-1, illustration sur l'image de droite de la Figure 7), méthode encore jamais appliquée auparavant.

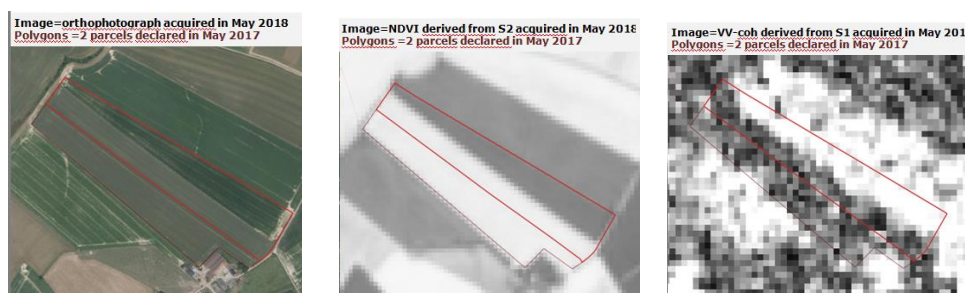


Figure 7 : Visualisation d'une parcelle présentant deux types de couverts différents sur un orthophotoplan (image de gauche), sur une image de NDVI dérivée de SENTINEL-2 (image centrale), et sur une image de cohérence SAR de SENTINEL-1 (image de droite).

Les résultats de SAGRIWASENT aboutissent aussi à l'obtention d'une carte des groupes de cultures sur l'ensemble de la Wallonie, grâce à l'exploitation de séries temporelles SENTINEL-2 et SENTINEL-1, avec

une exactitude globale atteignant 93% pour plus de 200.000 parcelles agricoles en Wallonie et pour plus de 40 groupes de culture.

Les recherches de SAGRIWASENT ont utilisé l'évolution temporelle d'indices dérivés d'images SENTINEL pour détecter les sols nus (NDVI-SENTINEL-2), la destruction des couverts (NDVI-SENTINEL-2) et les fauches (NDVI-SENTINEL-2 & Cohérence-SENTINEL-1). Les résultats qui en découlent pourront être utilisés comme marqueurs d'activités agricoles permettant de vérifier l'éligibilité des couverts à l'octroi de paiements pour les agriculteurs.

Les études menées dans le cadre du projet ont également abordé la détection des nouveaux éléments urbains au sein de parcelles de référence agricoles. L'objectif est de faciliter la mise à jour du LPIS et d'en améliorer la qualité. Les résultats, bien que préliminaires, ont montré que 78% des nouveaux éléments urbains construits au sein de parcelles de référence agricoles ont pu être détectés en utilisant une série temporelle d'images SENTINEL-2 de 3 mois en période de haute végétation pour la plupart des cultures pour une zone d'intérêt de 20 km x 20 km (illustration à la Figure 8).

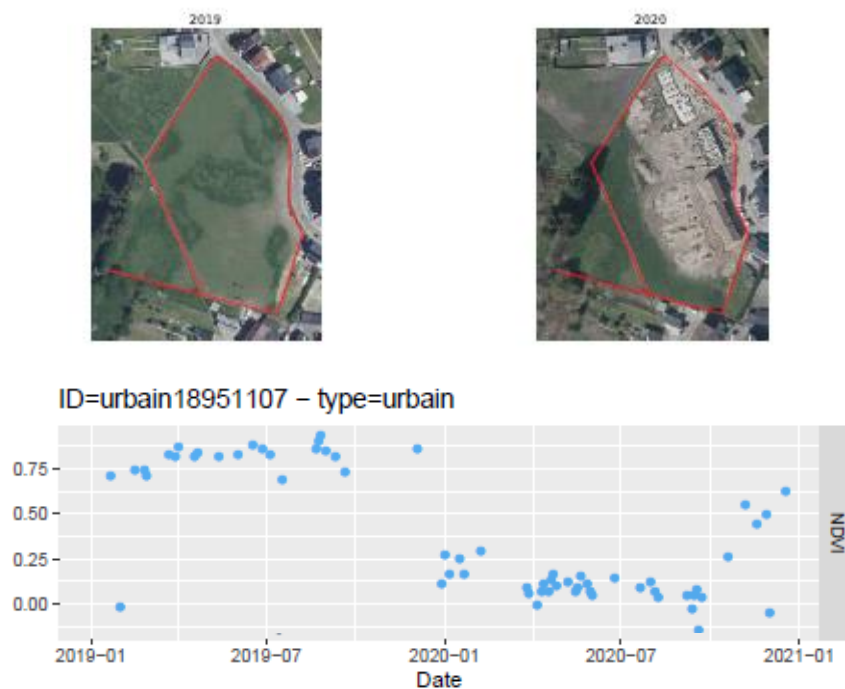


Figure 8 : Evolution du NDVI (dérivé d'images SENTINEL-2) pour une parcelle agricole en 2019 devenue urbaine en 2020.

De plus, les recherches scientifiques ont également été poursuivies et présentées lors de plusieurs conférences internationales (9 présentations) et publiées dans un journal scientifique international spécialisé en télédétection (1 publication).

L'équipe SAGRIWASENT a également mis ses compétences en télédétection au profit d'analyses concernant les sécheresses que la Wallonie a rencontrées durant les années 2017 à 2020. Elle est également intervenue dans le développement d'outils utiles à différentes recherches.

Enfin, grâce au travail de l'équipe SAGRIWASENT, l'assurance qualité du LPIS a atteint en 2020 le niveau requis par la réglementation pour être admissible au régime de « CbM ».

Le CRA-W, grâce au projet SAGRIWASENT, a apporté à l'OPW des protocoles et algorithmes de qualité, ainsi qu'un support à leur implémentation, utiles à la mise en place du « Check by Monitoring » en Wallonie exigé par la Commission européenne. Les recherches scientifiques menées dans le cadre du projet ont été valorisées auprès de la communauté scientifique internationale par neuf présentations lors de colloques internationaux et la publication d'un article dans une revue spécialisée en télédétection. L'équipe SAGRIWASENT a également permis de rehausser la qualité du LPIS au niveau requis par la réglementation pour être admissible au régime de monitoring.

5. Annexes

Annexe 1 : PV du dernier comité de suivi du 21/04/21

Annexe 2 : PV du dernier comité scientifique du 28/04/21

Annexe 3 : Rapport « sécheresse » en Wallonie pour l'année 2020

Projet SAGRIWASENT – 4^{ème} et dernier comité de suivi
21/04/2021, 9h30-11h10 – virtuel

Présents :

CRA-W : René Poismans, Jean-Pierre Goffart, Yves Schenkel, Viviane Planchon, Emilie Beriaux, Cozmin Lucau-Danila, Souheil Homsy, Alban Jago, Dimitri Goffart, Noémie Vandenbergue

SPW-DGO3-OPW : Alain Istasse, Béatrice Leteinturier, Florence Thirifayt

SPW-DGO3-DD : Virginie Remience

SPW-SG-DGT : Nathalie Stephenne

UCL : Pierre Defourny

Excusés :

Cabinet du Ministre : Séverine PAQUE

ISSEP : Benjamin Beaumont

Compte rendu de réunion

Une introduction générale rappelant le calendrier, l'organisation, le contexte et les objectifs du projet a été exposée brièvement. Ensuite, les activités effectuées au cours du projet ont été exposées, reprenant 4 points et détaillant les livrables apportés par point:

- le suivi du contexte européen ;
- l'entretien et l'actualisation du LPIS wallon ;
- les activités de recherche et le support à l'implémentation ;
- ainsi qu'un point sur la valorisation complémentaire des acquis.


Un point d'attention a été soulevé quant au budget du projet.

Le contenu de la présentation est détaillé dans la présentation PowerPoint jointe au présent PV.

Une discussion ouverte a terminé le comité.

Le présent PV reprend les discussions qui ont eu lieu entre le comité de suivi et l'équipe au cours et en fin de présentation.

Budget

-  **Le comité de suivi a confirmé son accord pour un transfert de budget de 18.300 € depuis les postes budgétaires « fonctionnement » (10.105 €) et « missions » (8195 €) vers le poste « personnel » en février 2021 (une demande électronique avait été effectuée au préalable).**

+ Discussions

- + L'équipe SAGRIWASENT a bénéficié gratuitement d'une machine virtuelle (MV) sur le DIAS ONDA depuis juillet 2020. Pierre Defourny a demandé à l'équipe des détails quant à l'utilisation d'ONDA par l'équipe et par l'OPW. Alban Jago a expliqué que le DIAS ONDA a été utilisé partiellement comme source de données (surtout pour les données des années anciennes car l'accès est alors plus rapide). Les traitements ont été distribués sur plusieurs ordinateurs, en local et sur ONDA (qui est alors utilisé 'simplement' comme machine virtuelle). Au niveau de l'OPW, ils ont implémenté leur chaîne d'acquisition et de traitement en local.
- + Nathalie Stephenne a demandé quels types de données étaient conservés (50TB d'espace de stockage utilisé par l'équipe sur le projet). Les 50 TB concernent les images brutes et traitées. On conserve les images brutes pour pouvoir refaire tourner le pré-traitement avec d'autres paramètres.
- + P. Defourny a demandé quels ont été les choix finaux de méthodes de correction atmosphériques et de détection des nuages. Pour les données Sentinel-2, l'équipe SAGRIWASENT a utilisé l'algorithme MAJA pour la correction atmosphérique et la détection des nuages. A l'OPW, ils ont implémenté le traitement MAJA. Pour SAGRIWASENT, nous récupérons les images traitées par THEIA. L'équipe SAGRIWASENT a utilisé aussi Sen4CAP pour certains indices comme le LAI.
- + Un des outils qui a été développé dans le cadre du projet est un outil permettant une visualisation facile de zones précises sur plusieurs années d'orthophotoplans ainsi qu'une labellisation facilitée de ces zones. Nathalie Stephenne est intéressée de savoir si l'outil est partageable. L'équipe SAGRIWASENT dit que sur le fond il n'y a pas de souci. Néanmoins, il faudra bien appréhender la faisabilité en fonction des besoins qui doivent être ciblés car il s'agit d'un outil développé en interne qui n'est pas générique.
- + Pierre Defourny demande si le produit de Walous (et Walous_maj) est utilisé par SAGRIWASENT. Emilie Beriaux explique que c'est quelque chose qui pourrait être envisagé dans le cadre du projet SAGRIWASENT II. Les priorités/objectifs du projet SAGRIWASENT II devront être précisés, mais rien n'a été précisé tant qu'il n'y a pas de certitude pour la suite du projet. Nathalie Stephenne ajoute qu'il serait clairement intéressant qu'il y ait une certaine collaboration entre les deux projets à l'avenir, notamment, en faisant partie du groupe des utilisateurs Walous_maj qui se réunira la dernière semaine de juin. Béatrice Leteinturier ajoute qu'elle suit le projet Walous_maj aussi et qu'elle réfléchit également aux interactions possibles entre les deux projets.
- + Pierre Defourny mentionne que le travail de Mathilde De Vroye sur les fauches en prairies est intéressant pour l'équipe SAGRIWASENT.
- + Pierre Defourny demande si la dernière version Sen4CAP (avec marqueurs) est utilisée par SAGRIWASENT. Alban Jago répond que l'équipe a suivi les développements de Sen4CAP mais n'a pas installé la dernière version car a développé sa propre solution en interne.
- + Alain Istasse précise que l'avis positif de l'IF a été reçu pour SAGRIWASENT II et souligne que le projet a dépassé les espérances initiales. Il explique que le SPW a rencontré des difficultés financières imprévues au niveau informatique chez eux, ce qui a rendu le financement du projet SAGRIWASENT II plus difficile, ce qui explique les délais.

Projet SAGRIWASENT – 6^{ème} et dernier comité scientifique
28/04/2021, 9h30-12h10 – virtuel

Présents :

CRA-W : Viviane Planchon, Emilie Beriaux, Cozmin Lucau-Danila, Alban Jago, Dimitri Goffart, Yannick Curnel

SPW-DGO3-OPW : Evelyne Flore, Béatrice Leteinturier, Florence Thirifayt

SPW-SG-DGT : Nathalie Stephenne

UCL : Diane Heymans, Sophie Bontemps

ISSEP : Odile Close

Excusés :

UCL : Pierre Defourny

ISSEP : Benjamin Beaumont

Ordre du jour :

Le comité scientifique s'articule autour des 5 thématiques énumérées ci-dessous. Chacune de ces thématiques a fait l'objet d'une présentation distincte.

1. Détection des éléments urbains au sein des parcelles agricoles (A. Jago)
2. Suivi de l'entretien minimal des terres (D. Goffart)
3. Challenge de la mise en place du monitoring: petites parcelles et homogénéité des couverts (C. Lucau-Danila)
4. Utilisation des images SAR pour l'identification des cultures (E. Beriaux)
5. Détection de la destruction des couverts et des sols nus (E. Beriaux)

Le dernier point à l'ordre du jour concernait les :

6. Questions, Discussion & Divers

a. Détection des éléments urbains au sein des parcelles agricoles (A. Jago)

Alban Jago (AJ) rappelle le concept de base de la détection des éléments urbains au sein des parcelles agricoles basé sur les différences de profils temporels de NDVI et l'utilisation d'approches au pixel et à

la parcelle. Il souligne que l'approche nécessite encore des améliorations pour être pleinement opérationnelle (On observe encore 10% de faux positifs).

Une des difficultés rencontrées est l'imprécision d'alignement observée entre images S2 consécutives. Un même pixel ne couvre pas la même zone à chaque date ce qui est par conséquent problématique pour les séries temporelles au pixel.

Différents remèdes ont été mis en place, comme considérer le minimum du NDVI sur une fenêtre de 3x3 pixels ou procéder à un réalignement des images par corrélation de phase. Récemment, l'alignement des produits fournis par l'ESA a été amélioré. Cette amélioration, apportée par le fournisseur de l'image, ne concerne que les images récentes.

Nathalie Stephenne (NS) demande si les images d'archives seront-elles-aussi reprocessées en vue d'améliorer ces soucis de réalignement. AJ précise que ce reprocessing est prévu mais qu'aucun délai n'a été avancé. Selon AJ, ça devrait prendre plusieurs mois.

NS trouve le concept de « parcelles allumées » intéressant et souligne qu'il serait intéressant de comparer les résultats obtenus dans SAGRIWASENT avec ceux obtenus dans WALOUS (et ce d'autant plus que le projet SAGRIWASENT est a priori prolongé). AJ précise que la méthode développée dans SAGRIWASENT risque d'être plus sensible car si 1 pixel d'une parcelle est considéré comme « allumé » c'est l'ensemble de la parcelle qui sera « allumé » (WALOUS a une approche essentiellement au pixel).

Béatrice Leteinturier (BL) mentionne son grand intérêt pour la problématique et son souhait d'aller plus loin dans la démarche et ce en vue d'une mise à jour plus rapide du parcellaire. Parmi les pistes d'améliorations vers une solution plus opérationnelle figurait l'utilisation des techniques d'intelligence artificielle, les réseaux neuronaux... Dans ce contexte, BL demande quel serait le volume de données nécessaire (est-ce qu'utiliser l'ensemble du parcellaire agricole serait suffisant ?). AJ ne peut donner une réponse précise / affirmative actuellement. Celle-ci ne pourra être apportée qu'au travers de tests / d'une mise en œuvre effective. AJ souligne qu'utiliser le parcellaire complet présente l'avantage d'apporter beaucoup de données / d'informations mais qu'il ne faut pas oublier que l'étape manuelle d'annotation représente un travail très lourd pour un si grand nombre de données. AJ souligne aussi que le parcellaire comporte aussi quelques erreurs (urbanisations non déclarées dans le parcellaire). Pour BL, une méthode basée sur l'intelligence artificielle présenterait l'avantage d'apprendre / de s'améliorer en continu.

BL relève le fait que d'un côté un filtre de cultures est utilisé dans l'algorithme de détection pour diminuer les faux positifs mais que d'un autre côté des problèmes ont été mis en avant pour la pomme de terre. AJ mentionne le fait que le filtre n'est en fait ajusté que pour

quelques cultures, d'où le fait qu'il doit être approfondi. AJ précise que le filtre et la période sur laquelle il est appliqué doit être ajusté en fonction de la culture.

AJ termine en soulignant l'intérêt d'avoir une interaction directe et continue avec l'utilisateur final comme ce fut le cas tout au long du projet SAGRIWASENT.

b. Suivi de l'entretien minimal des terres (D. Goffart)

Florence Thirifayt (FT) mentionne que le sujet présente un intérêt car en vue d'un usage pour le « check by monitoring ». FT souligne à son tour le problème des faux positifs. Ces cas sont en effet très contraignants car ils nécessitent une vérification de terrain.

Dimitri Goffart (DG) mentionne dans ce cadre que la combinaison avec l'algorithme de détection des fauches devrait permettre de limiter les faux positifs.

FT mentionne qu'en Flandre une méthodologie basée sur des orthophotos acquises en hiver a été mise en place pour la détection de l'entretien minimal. L'approche est basée sur une technique de Deep Learning et qu'elle semble donner de bons résultats. L'acquisition plus tardive des orthophotos en Wallonie ne permet peut-être pas d'utiliser l'approche flamande. En tout cas, visuellement, les parcelles non entretenues ne sont pas repérables sur les orthophotos en Wallonie. AJ s'interroge sur l'importance des faux positifs en Flandre. Aucune validation n'a été effectuée à ce stade par les flamands.

Les orthophotos de 2021 ont été acquises en mars-avril (plus tôt qu'en 2019 (de mai à août en 2019)). Les analyses faites par SAGRIWASENT s'appuyaient sur des données Sentinel 2018-2019 (avec des acquisitions plus tardives des orthophotos 2019 sur lesquelles l'absence d'entretien n'était pas visible). Au vu de la prolongation du projet, il serait utile de faire un test sur 2021. BL suggère d'ajouter des zones non agricoles embroussaillées dans le jeu de données. EB souligne pour terminer que l'étude requiert une expertise en photo-interprétation. BL souligne la disponibilité de l'OPW pour aider à cette tâche.

c. Challenge de la mise en place du monitoring: petites parcelles et homogénéité des couverts (C. Lucau-Danila)

NS réaffirme son intérêt à un travail commun sur le sujet (cadre : WALOUS). NS mentionne également qu'un nouveau MNS « arrive ». Il s'agit d'une acquisition en 2 années. Une moitié du territoire Wallon (principalement à l'ouest et au sud du territoire) a été couverte entre décembre 2020 et avril 2021, le reste sera couvert en 2022. Ce MNS est basé sur des données LIDAR présentant un plus grand nombre de points par m² comparativement aux acquisitions précédentes. Le nombre exact de points par m² n'est pas encore connu avec précision.

En théorie, un produit ne peut être diffusé qu'après validation complète du produit. En théorie le produit ne sera rendu disponible que vers la fin 2022.

Une version provisoire pourrait cependant être rendue disponible courant de cette année. NS communiquera ultérieurement, après les étapes de validation, sur les plannings/conditions de livraisons et éventuellement de diffusion temporaire envisageable ou pas (et les conditions de celle-ci).

NS invite le CRA-W à contribuer à la procédure de validation du produit.

NS demande également si l'usage des images Planet est toujours envisagé. Cozmin Lucau spécifie que cet usage est actuellement en stand-by.

d. Utilisation des images SAR pour l'identification des cultures et Détection de la destruction des couverts et des sols nus (E. Beriaux)

Les 2 thématiques ont été présentées l'une à la suite des autres.

Emilie Bériaux (EB) mentionne que l'article portant sur l'utilisation des images SAR pour l'identification des cultures est quasi finalisé.

e. Divers

EB mentionne qu'un rapport final doit encore être réalisé et envoyé pour le 31/07/2021.

NS dit qu'il serait intéressant que le CRA-W s'implique davantage dans le CA de WalousMaj (le CRA-W avait été absent lors de la dernière réunion du CA).

Centre wallon de Recherches agronomiques

Estimation des conditions de sécheresse 2020 en Région Wallonne en prairie d'après des données satellitaires du programme COPERNICUS de l'Agence Spatiale Européenne (ESA)

 Emilie BERIAUX – CRAW/U6 – e.beriaux@cra.wallonie.be - Tél : +32(0)81 87 41 65

 Alban JAGO – CRAW/U6 – a.jago@cra.wallonie.be - Tél: +32(0)81 87 41 68

 Emilie MULOT – CRAW/U6 – e.mulot@cra.wallonie.be - Tél: +32(0)81 87 41 67

 Cozmin LUCAU – CRAW/U6 – c.lucau-danila@cra.wallonie.be - Tél : +32(0)81 87 41 66

 Yannick CURNEL – CRAW/U6 – y.curnel@cra.wallonie.be - Tél : +32(0)81 87 41 63

 Viviane PLANCHON – CRAW/U6 – v.planchon@cra.wallonie.be - +32(0)81 87 41 60

1. Contexte général

Les conditions météorologiques rencontrées à Uccle depuis début 2020 indiquent une situation proche de la normale en ce qui concerne les valeurs de la **température**, de la **durée d'insolation** et des **précipitations** au cours du premier semestre 2020 (Figure 1).

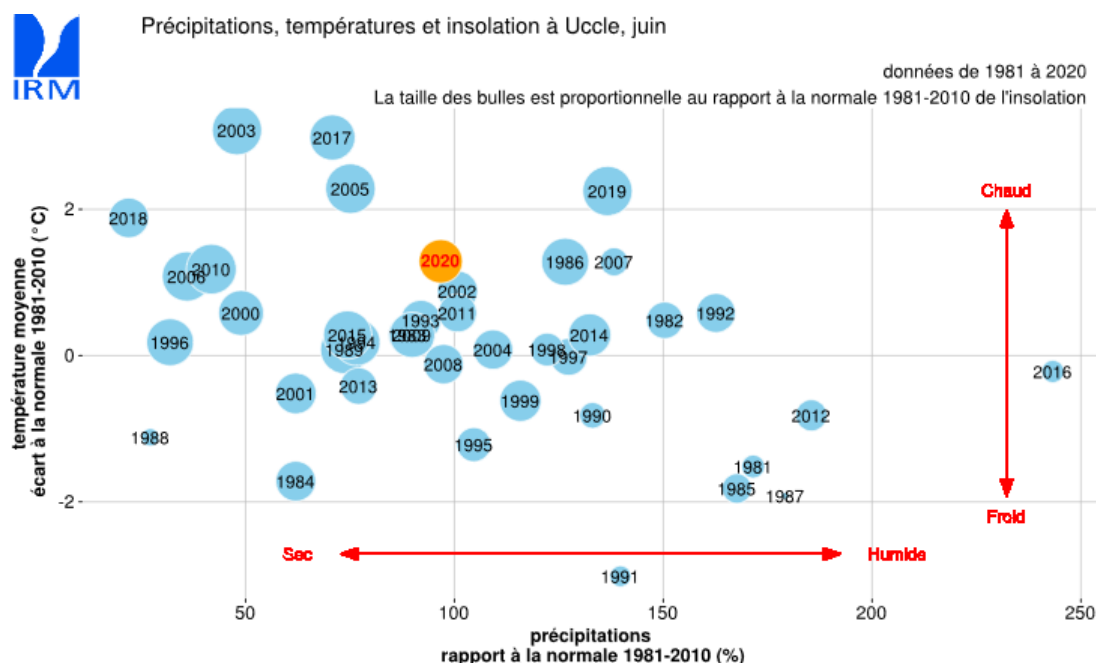


Figure 1. Précipitation, températures et insolation à Uccle au mois de juin 2020 (source : IRM)

Centre wallon de Recherches agronomiques

L'évolution est disponible à l'échelle nationale dans les bulletins mensuels de l'IRM (<https://www.meteo.be/meteo/view/fr/1124386-Bilan+climatologique+mensuel.html>) qui présentent notamment aussi une estimation des niveaux d'anormalité. Un suivi quotidien de la sécheresse météorologique est également disponible (<https://www.meteo.be/fr/meteo/previsions/secheresse>).

Les bulletins agrométéorologiques B-CGMS (<http://b-cgms.cra.wallonie.be/>) présentent l'évolution de l'indice standardisé des précipitations et de l'évapotranspiration (voir Figure 2). Cet indice prend à la fois en compte les précipitations cumulées des 90 derniers jours et la composante évapotranspiration.

Cette Figure renseigne des anomalies par rapport aux normales 1981-2020 concernant le bilan d'eau : la période la plus critique observée en 2020 est la première quinzaine de juin et que les conditions étaient extrêmement sèches de la fin du mois de mai au 22 juin (dernière mise à jour de l'évolution de l'indice), l'indice passant sous la courbe de l'année 2017 (année la plus sèche de 1970 à 2019).

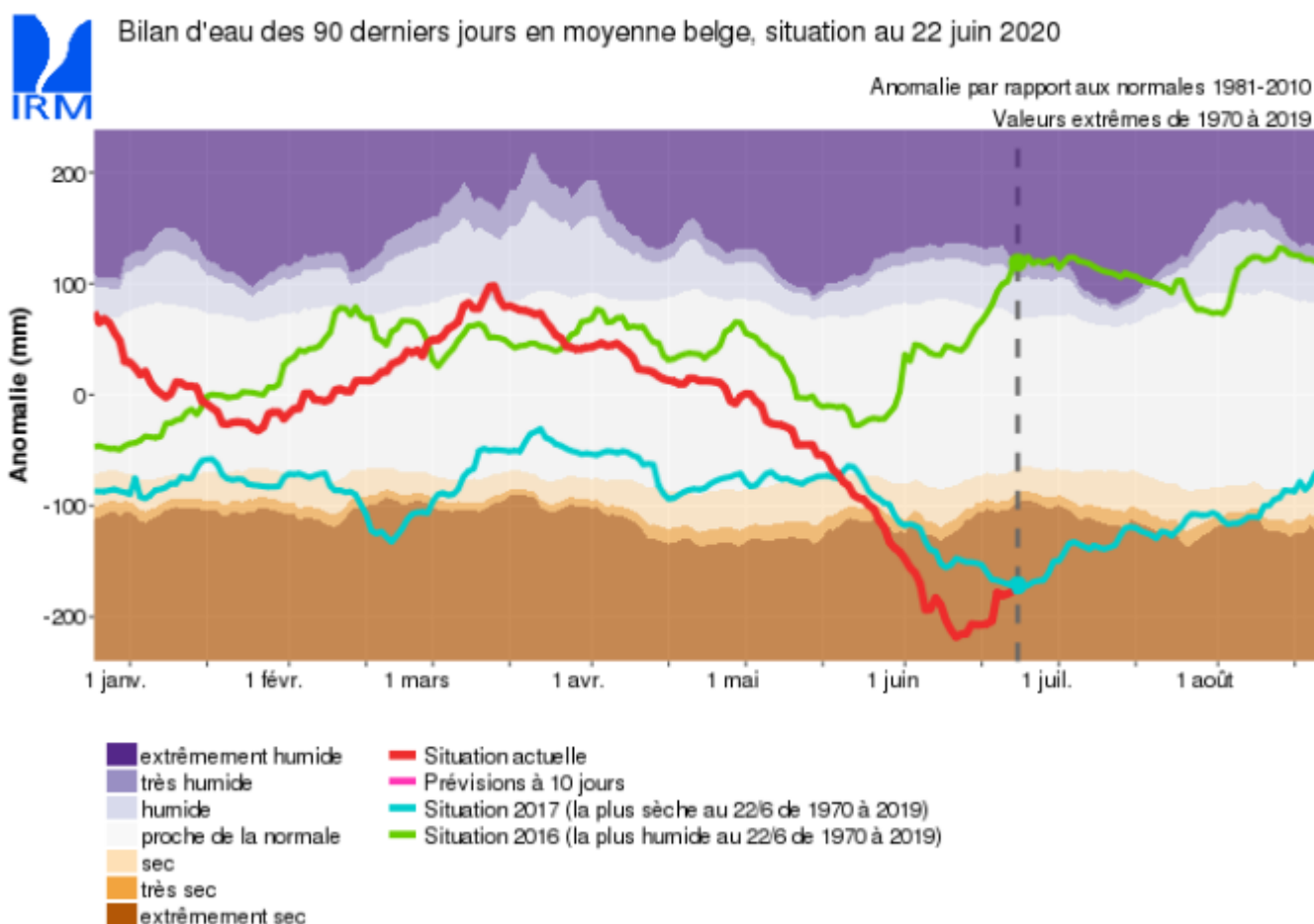


Figure 2 : Evolution de l'indice standardisé des précipitations et de l'évapotranspiration entre la dernière décennie de décembre 2019 et la deuxième décennie de juin.

Centre wallon de Recherches agronomiques

Des bulletins agrométéorologiques sont également disponibles à l'échelle **européenne** (<https://ec.europa.eu/jrc/en/mars/bulletins>). Le dernier bulletin du suivi agricole fait par le Centre Commun de Recherche (CCR) de l'Union Européenne présente la carte ci-dessous (Figure 3) montre que la Wallonie se situe dans une zone en déficit de pluie durant la période du 1^{er} mai au 20 juin 2020.

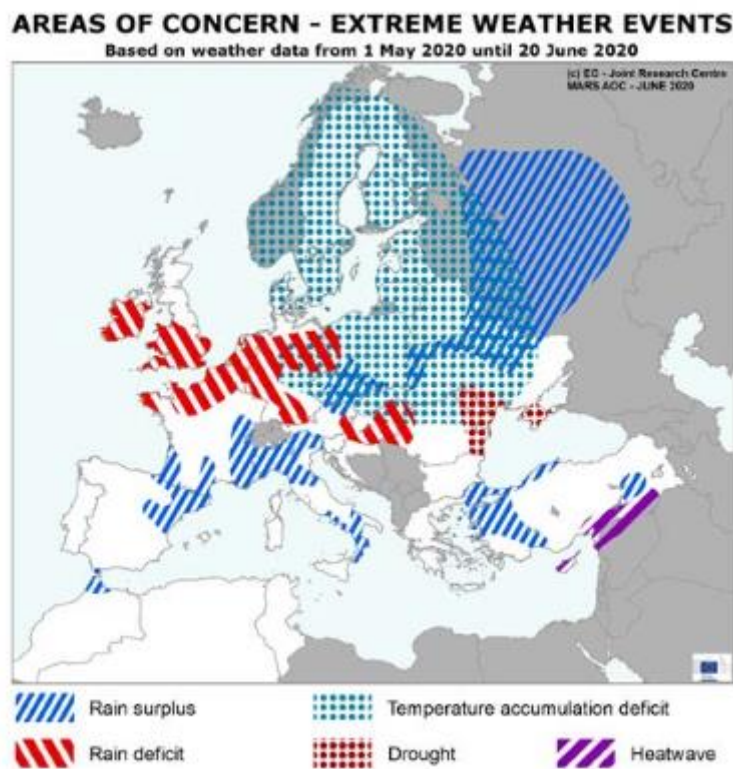


Figure 3. Evénements climatiques extrêmes au sein de l'Union européenne basés sur la période du 1^{er} mai au 20 juillet 2020 (source bulletin CCR).

Centre wallon de Recherches agronomiques

A partir de données plus récentes et à une échelle spatiale plus fine, l'Observatoire Européen de la Sécheresse (<http://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1000>) a publié des cartes qui montrent les zones européennes affectées par la sécheresse (Figure 4). La Wallonie est partiellement touchée par un déficit de pluie sur cette carte.



Figure 4. Carte de l'indicateur de sécheresse combiné pour la troisième décennie de juin (source: Observatoire Européen de la Sécheresse).

Centre wallon de Recherches agronomiques

La Figure 5 représente une carte de la productivité des prairies au niveau de l'Union européenne calculée pour la période du 11 mai au 20 juin 2020. Les valeurs présentées pour la Belgique montrent pour cette période une situation limite concernant l'état des prairies surtout au Nord du Pays. La Wallonie présente quant à elle quelques petites zones plus impactées.

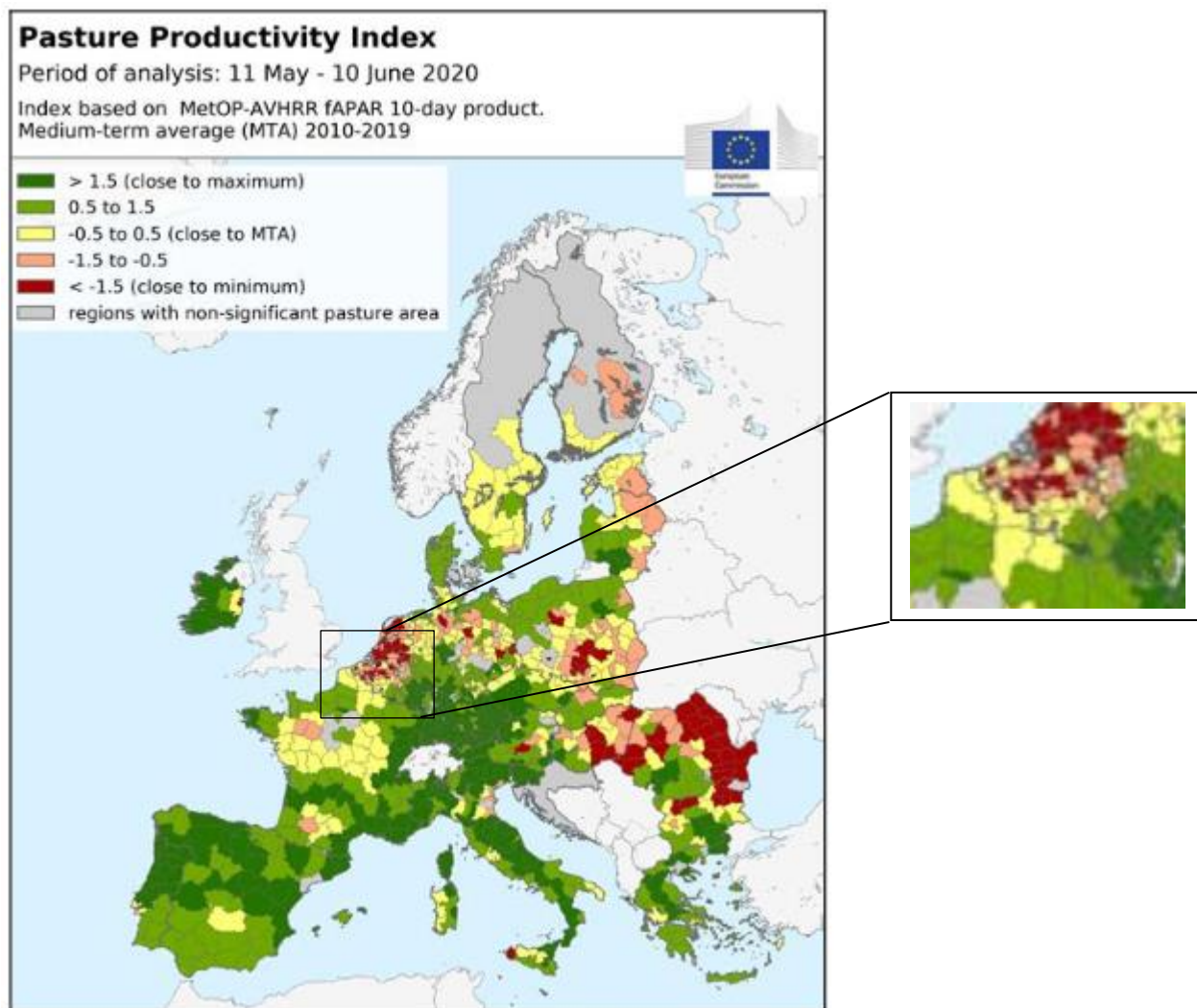


Figure 5. Indice de productivité des prairies au niveau de l'Union européenne calculée pour la période du 11 mai au 10 juin 2020 (source bulletin CCR).

La FAO propose également des cartes d'indices de stress hydrique par décade au niveau national (<http://www.fao.org/giews/earthobservation/country/index.jsp?lang=en&type=11111&code=BEL#>).

2. Méthodologie et données utilisées

Pour avoir une estimation rapide et cohérente de la situation en Wallonie et donc de l'impact sur l'agriculture wallonne au niveau des régions agricoles et des communes, une approche basée sur l'utilisation des **données satellites du programme Copernicus** est présenté dans ce document. L'utilisation des images Sentinel (du programme Copernicus) **permet une estimation plus fine en termes de distribution spatiale** que les estimations faites à l'échelle européenne, **une analyse plus récente** (avec des images acquises jusqu'au **10 juillet 2020**) et par **périodes plus courtes** (analyse par quinzaine).

Depuis quelques années, l'Union Européenne a mis en place le programme COPERNICUS qui fournit des données satellitaires en accès libre. Plusieurs satellites sont opérationnels, notamment Sentinel-1 (radar) et Sentinel-2 (optique), utiles pour le suivi de l'agriculture.

Les images Sentinel-2 présentent une résolution spatiale de 10 mètres, ce qui apporte le grand avantage de pouvoir travailler à l'échelle de la parcelle agricole. Cette haute résolution spatiale permet de spatialiser par exemple la différence de teneur en eau de la végétation d'une parcelle et d'une commune à l'autre. De plus, ces images sont acquises pour une même zone tous les 5 jours.

Des indices de végétation peuvent être extraits sur base des images optiques (Sentinel-2) pour caractériser l'état de la végétation en Wallonie.

Centre wallon de Recherches agronomiques

Une première analyse a été réalisée par le CRA-W qui a calculé deux indices :

- le **NDVI**¹ (Indice de végétation par différence normalisé) est un indice très efficace pour déterminer la présence de végétation et est fortement corrélé à la quantité de biomasse verte. Il peut ainsi également servir à évaluer l'importance de la biomasse végétale ainsi que l'intensité de l'activité de la photosynthèse (la vigueur de la végétation). Il varie de -1 à 1 et augmente avec la quantité de « vert » du couvert végétal.
- le **NDWI**² (Indice de quantité d'eau par différence normalisé) est un indice sensible au contenu d'eau présente dans la végétation. Le NDWI, variant également de -1 à 1, augmente avec une élévation du contenu en eau de la plante.

Aucun des deux indices ne donne une estimation directe des rendements mais les deux peuvent être utilisés comme indicateurs de ces rendements et permettent de ce fait d'avoir une vue d'ensemble de la répartition spatiale de l'état de la végétation par rapport à la sécheresse (*Manuel des indicateurs et indices de sécheresse* - Organisation météorologique mondiale, Partenariat mondial pour l'eau, National Drought Mitigation Center³).

Notre analyse porte sur les prairies parce qu'elles représentent bien l'évolution d'un éventuel stress hydrique et, en même temps, les prairies représentent 46.5 % de la superficie des terres agricoles wallonnes déclarées en 2020.

Malgré le fait qu'il n'y a pas encore beaucoup de données historiques (les images Sentinel 2 étant disponibles à partir de fin 2015), les indices NDWI et NDVI ont été calculés par parcelle sur base d'images Sentinel-2 **pour chaque quinzaine de janvier à juillet pour les années 2016, 2017, 2018, 2019 et 2020** et moyennés par région agricole et par commune. En 2016, 53 images Sentinel-2 ont été utilisées, en 2017, 82 images, en 2018, 108 images, en 2019, 92 images et en 2020, 51 images. Les valeurs des indices NDWI et NDVI ont été calculées par parcelle en éliminant une zone tampon intérieure de 5 mètres pour éviter les pixels mixtes. Certaines parcelles n'ont pas pu faire l'objet de l'analyse car étaient soit trop petites (et sont tombées après l'application de la zone tampon), soit en raison de la couverture nuageuse. **Le parcellaire anonymisé utilisé**

¹ NDVI = l'indice de végétation par différence normalisée ('Normalised Difference Vegetation Index', NDVI) est fortement corrélé à la quantité de biomasse verte. Il est normalisé par rapport à l'intensité du signal incident pour s'affranchir d'effets perturbateurs. Il varie entre -1 et 1, plus il est élevé, plus la couleur verte de la plante est élevée.

Cet indice utilise la bande proche infrarouge (la plante n'absorbe pas les IR, la plupart du rayonnement est transmise ou réfléchi) et la bande rouge (la végétation verte absorbe dans le rouge grâce aux pigments de chlorophylle).

L'indice NDVI se calcule selon l'équation suivante: $[NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)]$

² NDWI = l'indice de teneur en eau par différence normalisée ('Normalised Difference Water Index', NDWI ; Gao, 1996) est sensible au contenu en eau des couverts végétaux. Il varie entre -1 et 1, plus il est élevé, plus la teneur en eau de la plante est élevée.

Cet indice utilise la bande proche infrarouge et une bande de l'infrarouge à courtes longueurs d'onde ('short-wave infrared', SWIR)(Gao, 1996) suivant le même principe que le NDVI. Au lieu de la bande rouge utilisée pour le NDVI, où la réflectance est affectée par la chlorophylle, le NDWI utilise une bande de l'infrarouge à courtes longueurs d'onde (entre 1500 et 1750 nm), où l'eau possède un pic d'absorption. La bande du proche infrarouge ('near-infrared', NIR) est la même que celle du NDVI car l'eau n'absorbe pas dans cette région du spectre électromagnétique.

L'indice NDWI se calcule selon l'équation suivante: $[NDWI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)]$

³ http://www.droughtmanagement.info/literature/WMO-GWP_Manuel-des-indicateurs_2016.pdf.

Centre wallon de Recherches agronomiques

pour effectuer ces calculs est celui qui provient directement des déclarations des agriculteurs au 10 juillet 2020, des corrections ultérieures apportées par le SPW étant possible.

3. Résultats

La Figure 6 montre une comparaison des indices NDWI et de NDVI qui a été faite au niveau de la Wallonie pour 2020 avec la moyenne des quatre années précédentes (de 2016 à 2019). Attention, la moyenne des années 2016 à 2019 ne comprend pas suffisamment d'années pour pouvoir être considérée comme une normale. La variabilité des conditions climatiques et géographiques existante en Wallonie n'apparaît pas dans cette figure.

La Figure 6 fait ressortir clairement des valeurs de NDWI beaucoup plus petites en 2020 par rapport aux autres années pour les quinzaines 10 et 11. Il s'agit de la deuxième moitié du mois de mai et de la première moitié du mois de juin. Dès la quinzaine 12, la valeur NDWI de 2020 remonte et se rapproche de la moyenne des 4 années précédentes. Les conditions de stress hydriques étaient les plus accentuées durant la période du 1^{er} au 15 juin.

Les courbes d'évolution du NDVI pour 5 années montrent également un NDVI plus faible fin mai et début juin pour l'année 2020 par rapport à la moyenne des quatre années précédentes. La biomasse verte des prairies était plus faible et l'activité photosynthétique était moindre à ces périodes (fin mai et début juin) pour l'année 2020.

Les fauches en prairies perturbent aussi le signal. C'est ainsi que chaque année, les indices chutent entre les quinzaines 8 et 13 car la première fauche a généralement lieu au cours de cette période. Cependant, une partie des prairies permanentes (de l'ordre de la moitié) ne sont pas fauchées mais uniquement pâturées. Les prairies permanentes représentent la grande majorité des prairies, c-à-d, 88% des prairies.

Centre wallon de Recherches agronomiques

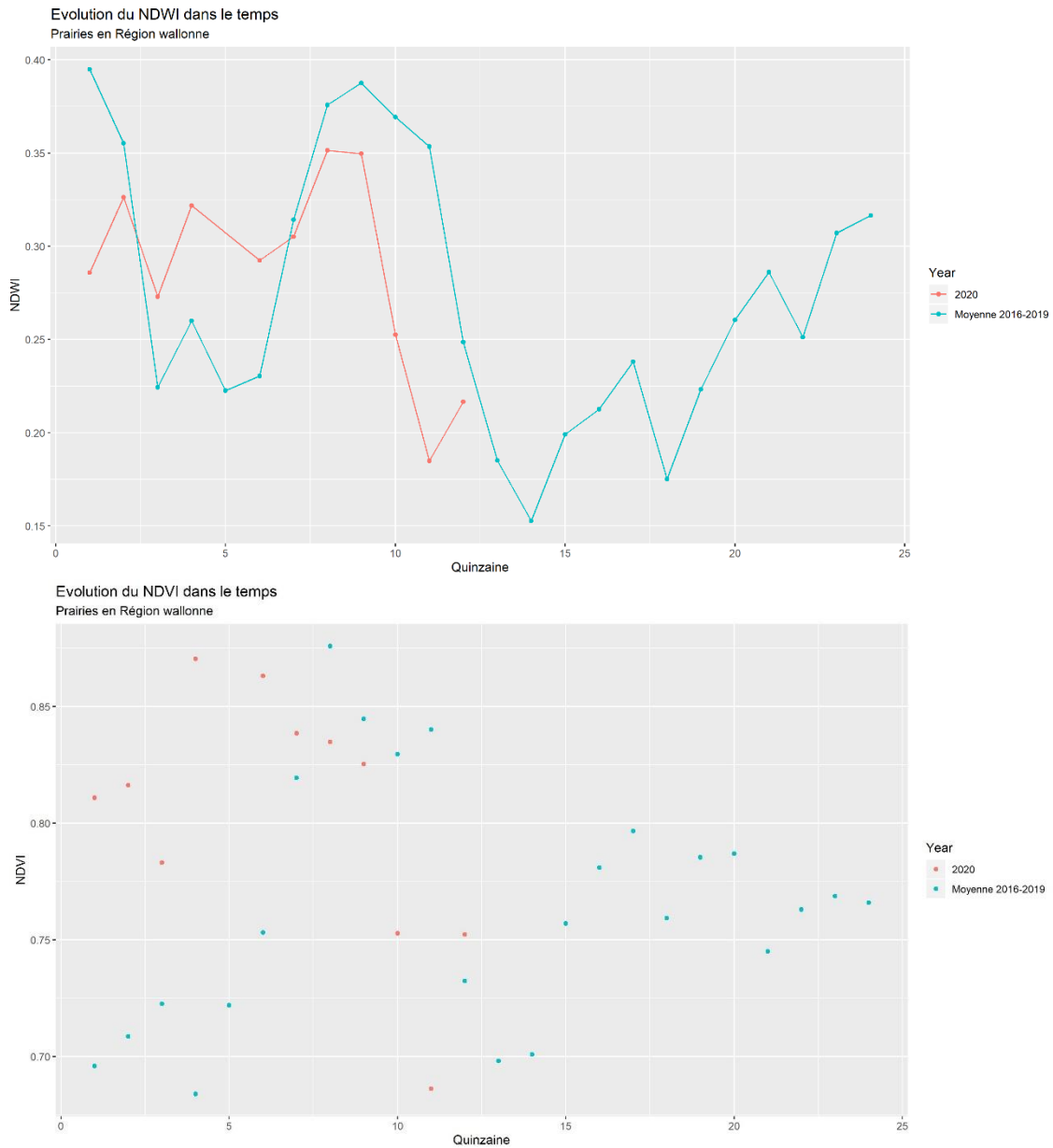


Figure 6. Comparaison de l'évolution temporelle (de janvier à juillet 2020) des deux indices NDWI (en haut) et NDVI (en bas) calculés pour les prairies en Wallonie, par rapport à la moyenne des indices pour les 4 années précédentes (2016 à 2019).

Centre wallon de Recherches agronomiques

Une analyse plus fine, au niveau des régions agricoles, a été ensuite réalisée pour l'année 2020 et présentée à la Figure 7.

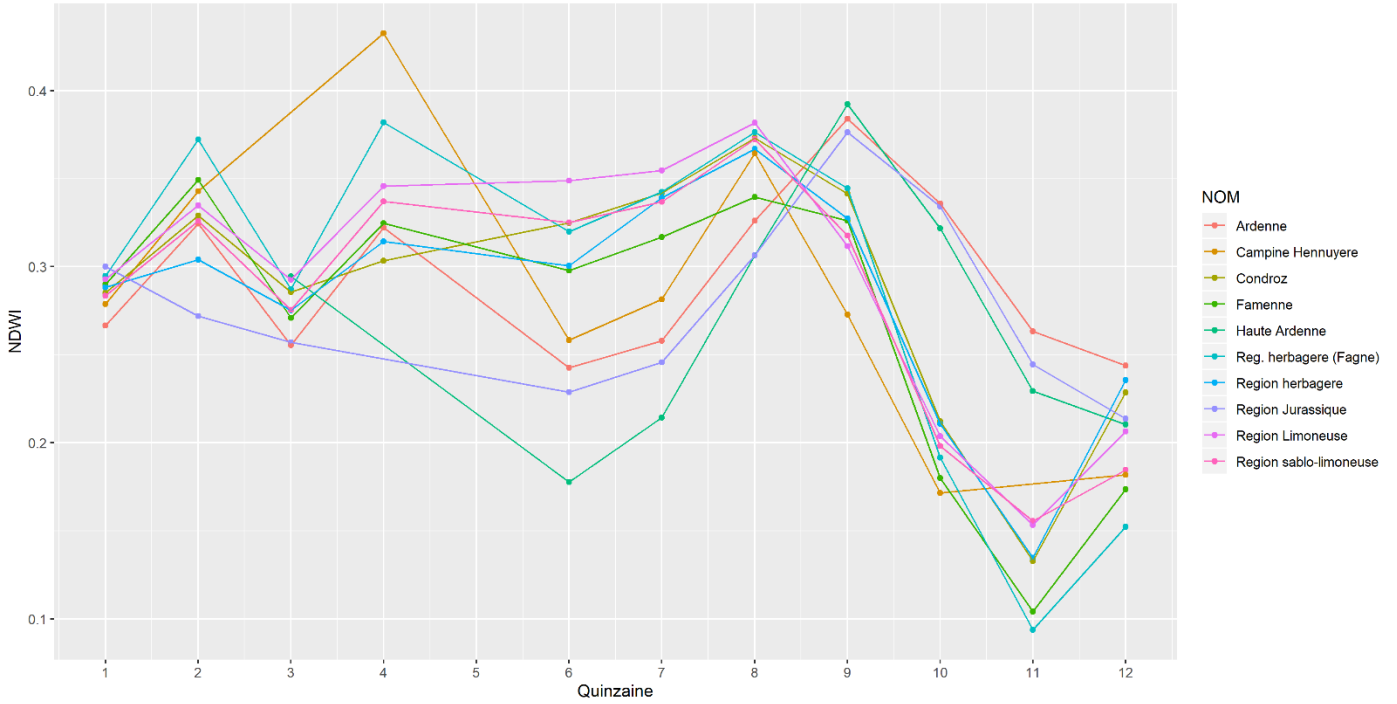
La moyenne du NDWI calculé par région agricole chute fortement à partir de la première quinzaine du mois de mai et atteint des valeurs très faibles, jusqu'à 0,09 en Région herbagère (Fagne), durant la première quinzaine de juin 2020. Cette diminution se marque dans chacune des régions agricoles wallonnes.

La Figure 7 met en évidence les différences de NDWI entre les régions agricoles avec une décroissance du NDWI nette dans chaque région agricole à partir du mois de mai.

Les valeurs de NDVI, qui sont corrélées avec la biomasse, présentent des valeurs faibles durant la première quinzaine de juin par rapport aux périodes précédentes et suivantes. Cela peut s'expliquer par une période de fauche à cette période.

Centre wallon de Recherches agronomiques

Evolution du NDWI de janvier à juillet 2020
Prairies en Région wallonne



Evolution du NDVI de janvier à juillet 2020
Prairies en Région wallonne

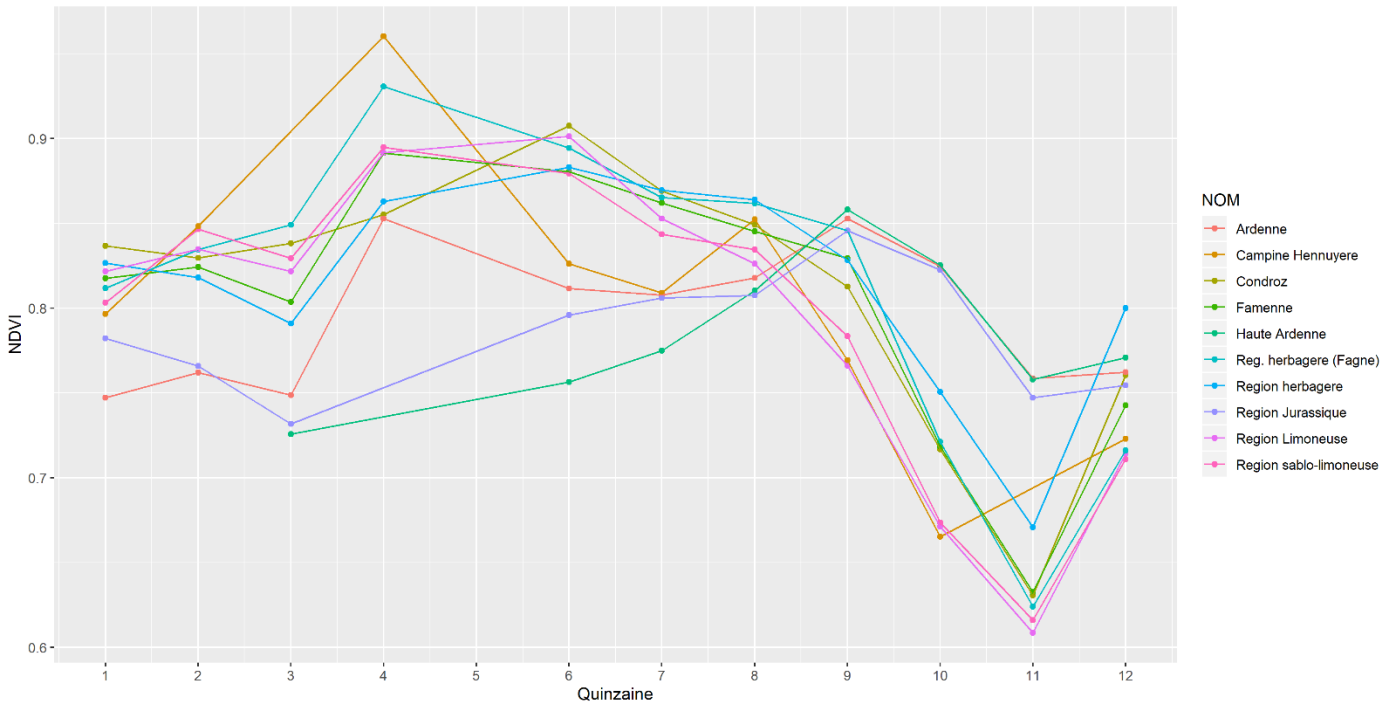


Figure 7. Evolution temporelle de la valeur du NDWI (au-dessus) et NDVI (en-dessous) des prairies par région agricole en Wallonie du 1er janvier à fin juin 2020

Centre wallon de Recherches agronomiques

Tenant compte de la variabilité visible sur la Figure 7 entre les régions agricoles, la distribution spatiale des indices NDWI et NDVI calculés pour la période la plus critique du 27 mai au 14 juin⁴ (pour représenter la première quinzaine du juin avec suffisamment d'images, les images de fin mai ont été nécessaires) a été cartographiée par commune et présentée sur la Figure 8 pour le NDWI et sur la Figure 9 pour le NDVI. Une analyse par région agricole a également été effectuée et présentée à l'annexe 1.

Les deux indices donnent des résultats relativement comparables, et montrent que les trois régions sous le sillon Sambre et Meuse sont les moins touchées par le stress hydrique et par la diminution de la biomasse.

La Figure 8 présente la distribution de la valeur NDWI par commune en Wallonie pour la première quinzaine du mois de juin 2020. La commune au sein de laquelle la valeur du NDWI en prairie est la plus faible est la commune de Somme-Leuze qui a une valeur de 0.06 ; ce qui se traduit par une teneur en eau dans les plantes plus faible. La sécheresse est donc plus marquée dans cette commune. A l'opposé, la commune au sein de laquelle la valeur de NDWI est la plus élevée est la commune de L'Eglise avec une valeur de 0.34. Ces chiffres sont à mettre en rapport avec la représentativité des prairies qui est différente au sein de chaque commune. La Figure 9 présente la distribution de la valeur NDVI par commune en Wallonie pour la première quinzaine du mois de juin 2020. La commune de Rixensart est la commune au sein de laquelle la valeur du NDVI en prairie est la plus faible, soit 0.57 ; ce qui se traduit par une biomasse verte plus faible. A l'opposé, la commune au sein de laquelle la valeur de NDVI est la plus élevée est la commune de Vielsam avec une valeur de 0.83.

Une étude plus fine devrait idéalement être réalisée pour tenir compte du mode de gestion des différentes parcelles en ce qui concerne les fauches (nombre et dates) et le pâturage. Sur une période de 15 jours, certaines communes ont pu présenter davantage de fauches que d'autres.

⁴ valeur des indices = moyenne sur la période considérée

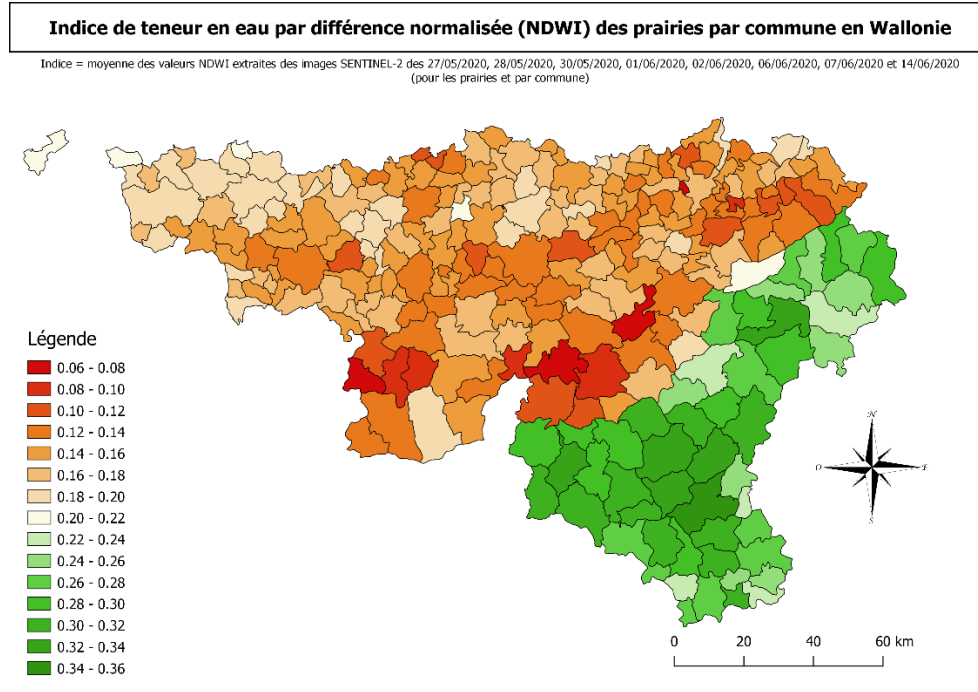


Figure 8. Distribution spatiale du NDWI des prairies par commune en Wallonie pour la période du 27 mai au 14 juin 2020

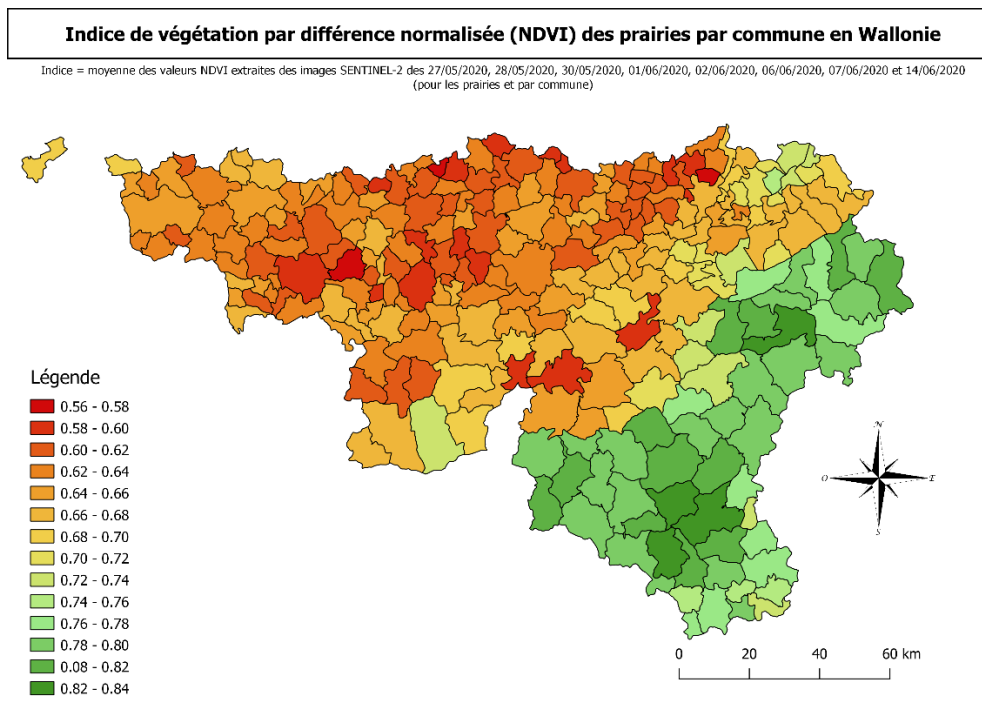


Figure 9. Distribution spatiale du NDVI des prairies par commune en Wallonie pour la période du 27 mai au 14 juin 2020

Centre wallon de Recherches agronomiques

La Figure 10 présente le nombre d’hectares de prairies rencontrés sur l’ensemble de la Wallonie par classe de valeurs de NDWI pour la première quinzaine de juin 2020 (moyenne pour 8 dates du 27/5 au 14/6). La majorité de la surface « prairie » a une valeur de NDWI comprise entre 0.05 et 0.3. Plus de 60000 hectares ont une valeur plus petite que 0.05 et sont les parcelles qui semblent être les plus touchées par le stress hydrique en Wallonie. Ces 60000 hectares sont répartis dans l’ensemble de la région wallonne.

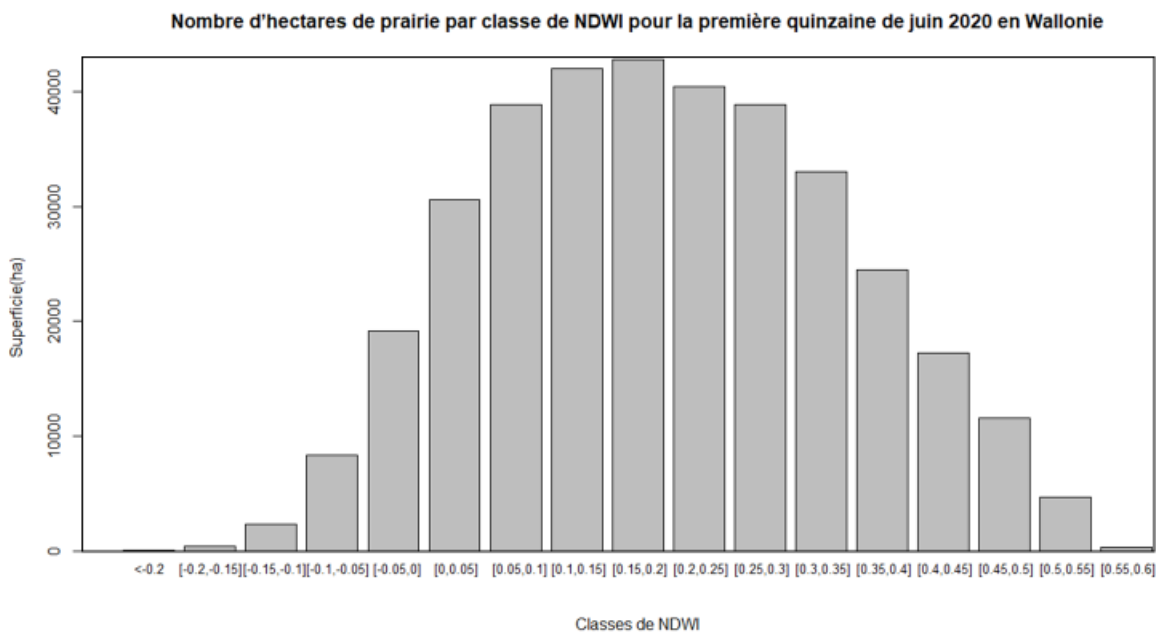


Figure 10. Nombre d’hectares de prairie par classe de NDWI pour la première quinzaine de juin 2020 en Wallonie.

Centre wallon de Recherches agronomiques

Afin de comparer ces chiffres avec les années antérieures, l'analyse suivante expose le pourcentage de la valeur des deux indices par rapport à la moyenne des mêmes indices pour les quatre années précédentes. De plus, pour cibler l'ensemble de la période qui caractérise le début de saison en prairie, l'analyse suivante cible la période du 15 mars au 30 juin. Effectivement, la première fauche a lieu au cours de cet intervalle. Les indices moyens compilés sur l'ensemble de cette période incluront donc des valeurs avant et après la première fauche pour les prairies ayant été fauchées en début de saison. La Figure 11 indique le pourcentage de la valeur du NDWI moyen sur cette période par rapport à la moyenne des quatre années précédentes.

Sur la Figure 11, il ressort qu'une grande partie de l'Est et du centre de la Wallonie a été plus sec par rapport aux années précédentes pour l'ensemble du début de la saison, alors que le Sud et l'Ouest de la Région ont été globalement plus humides. En effet, la partie Est de la Wallonie présente des valeurs de NDWI plus faibles que la moyenne des quatre autres années sur cette période alors que le contraire est constaté dans le Sud et l'Ouest de la Wallonie.

Pourcentage de la valeur du NDWI moyen sur la période dur 15 mars au 30 juin 2020 par rapport à la moyenne des quatres années précédentes

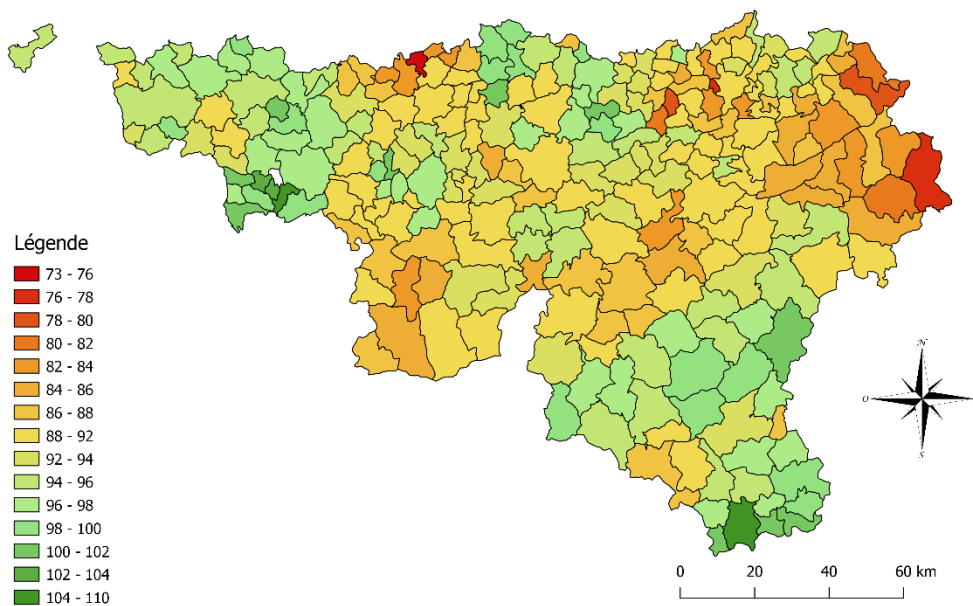


Figure 11. Pourcentage du NDWI moyen du 15 mars au 30 juin 2020 par rapport à la moyenne des quatre années précédentes par commune

Centre wallon de Recherches agronomiques

La Figure 12 indique le pourcentage de la valeur du NDVI moyen sur cette période par rapport à la moyenne des quatre années précédentes.

Sur la Figure 12, il ressort que c'est au Nord de la Wallonie que la quantité de biomasse verte était plus faible par rapport à la moyenne des quatre années précédentes pour l'ensemble du début de la saison, alors que la biomasse verte du Sud de la Région a été globalement plus élevée que pour les années précédentes. En effet, la partie Est de la Wallonie présente des valeurs de NDVI plus faibles que la moyenne des quatre autres années sur cette période alors que le contraire est constaté dans le Sud de la Wallonie.

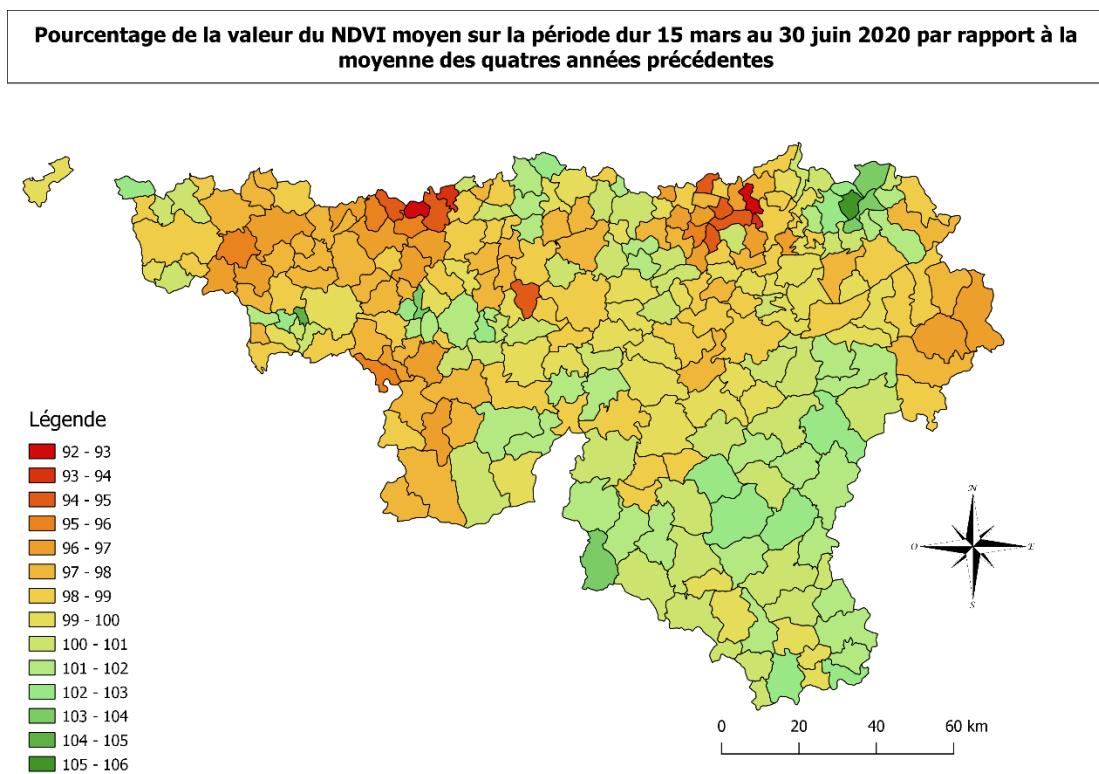


Figure 12. Pourcentage du NDVI moyen du 15 mars au 30 juin 2020 par rapport à la moyenne des quatre années précédentes par commune

1. Conclusions

La sécheresse agricole de 2020 a été suivie sur base de deux indices (NDWI et NDVI) issus des images satellitaires SENTINEL-2 du programme européen COPERNICUS pour prairies qui représentent 46.5% de la superficie agricole déclarée en Wallonie.

Les deux indices ont été utilisés comme indicateurs des rendements et ont permis d'avoir une vue d'ensemble de la répartition spatiale de l'état de la végétation par rapport à la sécheresse en Wallonie.

Comme le montrent aussi les données météorologiques, l'année 2020 est une année qui s'est démarquée des années précédentes de fin mai à début juin en prairie. Il ressort de cette étude que l'impact de la sécheresse suit un gradient du Nord (sécheresse plus marquée) vers le Sud de la Wallonie au cours du début de la saison en prairie.

Une analyse plus complète de la sécheresse pourrait prendre en compte **les données météorologiques, l'humidité du sol et l'état de la végétation** pour estimer un indice de sécheresse combiné. Aussi, la prise en compte des fauches dans l'analyse renforcerait la compréhension de l'évolution des indices. Par ailleurs, l'utilisation de modèles de croissance dans lesquels les informations satellitaires pourraient être assimilées ou au moins une analyse plus approfondie se basant sur des relations empiriques liant informations satellitaires et données de terrain ou permettrait d'obtenir une estimation/prévision des rendements. Ceci permettrait d'affiner les résultats obtenus au même titre qu'une prise en compte des modes de gestion des prairies.

ANNEXE 1 : analyse de la distribution spatiale des indices NDWI et NDVI calculés pour la première quinzaine de juin par Régions agricoles.

Tenant compte de la variabilité visible sur la Figure 8 entre les régions agricoles, la distribution spatiale des indices NDWI et NDVI calculés pour la période du 27 mai au 14 juin (pour représenter la première quinzaine de juin avec suffisamment d'images, les images de fin mai ont été nécessaires) a été cartographiée et présentée sur la Figure 13 pour le NDWI et sur la Figure 14 pour le NDVI.

Les deux indices donnent des résultats relativement comparables, et montrent que les trois régions « Ardenne », « région jurassique » et « Haute Ardenne » sont les moins touchées par le stress hydrique et par la diminution de la biomasse. La région la plus impactée est la Fagne.

La Fagne est la région au sein de laquelle la valeur du NDWI en prairies est la plus faible et atteint 0,09; ce qui se traduit par une teneur en eau dans les plantes plus faible. La sécheresse est donc plus marquée dans cette région. La Région limoneuse est la région au sein de laquelle la valeur du NDVI est la plus faible et atteint 0.609 ; ce qui se traduit par une quantité de biomasse verte plus faible.

A l'opposé, les régions au sein desquelles les valeurs de NDWI et de NDVI sont les plus élevées sont les régions « Ardenne », « Région jurassique » et « Haute-Ardenne » avec des valeurs au-delà de 0.22 pour le NDWI et de 0,74 pour le NDVI, ce qui corrobore les observations faites à l'échelle européenne.

Les Figures 13 et 14 présentent les mêmes tendances qu'au niveau des Communes.

Centre wallon de Recherches agronomiques

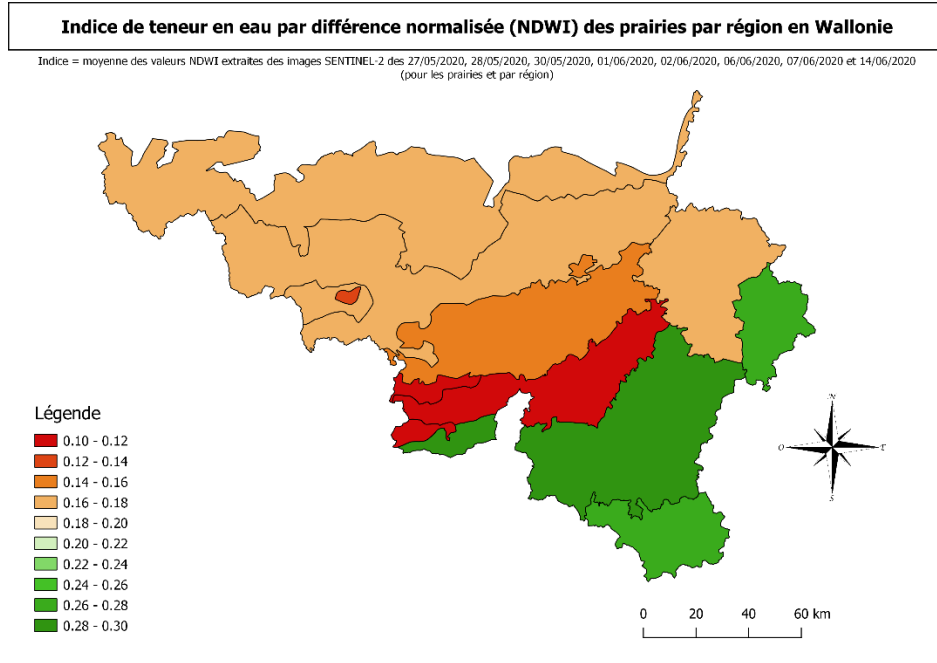


Figure 13. Distribution spatiale du NDWI des prairies par région agricole en Wallonie pour la période du 27 mai au 14 juin 2020

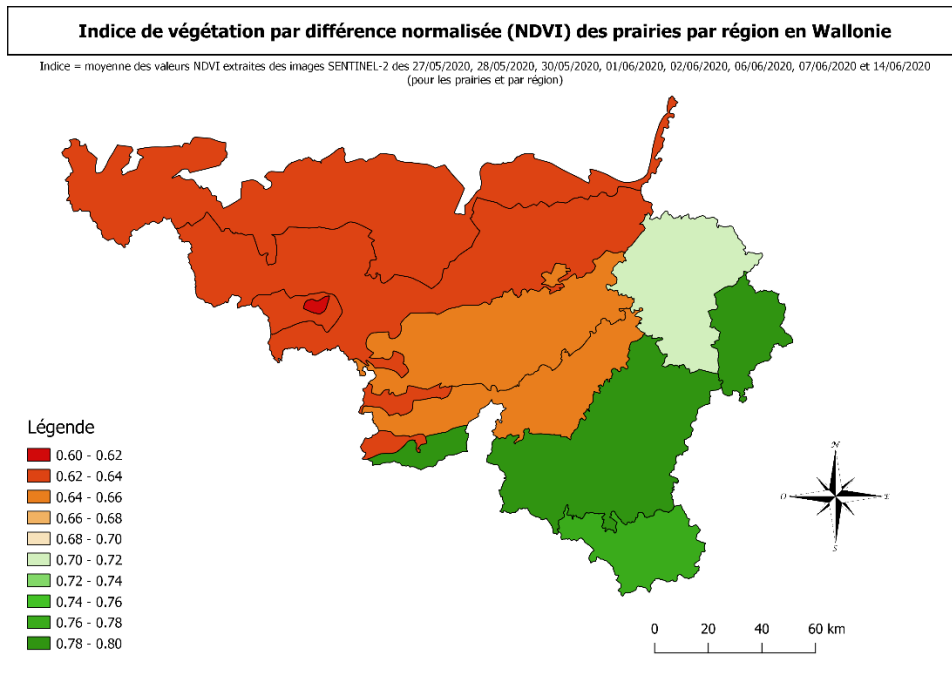


Figure 14. Distribution spatiale du NDVI des prairies par région agricole en Wallonie pour la période du 27 mai au 14 juin 2020

Centre wallon de Recherches agronomiques

D'après les différentes sources de données consultées (JRC, European Drought Observatory, IRM, etc.) et les Figure 13 et Figure 14 obtenues à partir des données Sentinel 2, les régions les plus affectées par la sécheresse sont situées Nord du sillon Sambre et Meuse.

En même temps, comme le montre le tableau 1, la région présentant la plus grande part des prairies (permanentes et temporaires) est située dans la partie Sud de la Wallonie (Ardenne).

Le Tableau 1 présente, pour chaque Région agricole :

- le nombre total d'hectares de prairies (permanentes et temporaires) ;
- le pourcentage de prairies par rapport à l'ensemble des terres agricoles déclarées au sein de la région agricole ,
- le pourcentage de prairies au sein de la région agricole par rapport à l'ensemble des prairies déclarées en Wallonie ,
- le NDWI moyen calculé pour les prairies à partir des images Sentinel 2 de la première quinzaine du mois de juin 2020 au sein de la région agricole ,
- le NDVI moyen calculé pour les prairies à partir des images Sentinel 2 de la première quinzaine du mois de juin 2020 au sein de la région agricole.

Les Régions limoneuse et sablo-limoneuse au sein desquelles les valeurs du NDVI en prairies sont les plus faibles représentent 16,5 % de total des prairies en Wallonie. Par rapport à l'ensemble des superficies agricoles déclarées au sein de ces deux régions, la proportion de prairies est de 17,1% en Région Limoneuse et 26,8% en Région Sablo-limoneuse (pourcentages de la surface agricole utile).

Centre wallon de Recherches agronomiques

Région Agricole	Superficie des prairies au sein de la région agricole (ha)	% prairies permanentes	Proportion des prairies au sein de la région agricole (%)	Proportion des prairies par rapport à l'ensemble des prairies en Wallonie (%)	NDWI moyen pour les prairies (27/05-14/06)	NDVI moyen pour les prairies (27/05-14/06)
Ardenne	89004.5	81%	80.5	25.0	0,2914	0,7909
Campine Hennuyère	276.2	84%	48.0	0.1	0,1231	0,6127
Condroz	43651.8	87%	33.8	12.3	0,1489	0,6549
Fagne	11622.7	91%	67.9	3.3	0,1017	0,6343
Famenne	44734.8	90%	67.0	12.6	0,1147	0,6559
Haute Ardenne	29023.4	97%	92.5	8.2	0,2621	0,7902
Région herbagère	50198.4	95%	86.2	14.1	0,1718	0,7176
Région Jurassique	29031.4	88%	76.9	8.2	0,2769	0,7789
Région Limoneuse	45440.8	83%	17.1	12.8	0,1717	0,6325
Région sablo-limoneuse	13054.9	85%	26.8	3.7	0,1603	0,6277

Tableau 1. Répartition des prairies en Wallonie et valeur moyenne des indices NDWI et NDVI calculés pour la période du 27 mai au 14 juin 2020 par région agricole.