

IV. Perspectives

1. Les cultures protéagineuses : Wal'Prot..... 224
2. Évaluer la stabilité et la durabilité de systèmes de culture innovants adaptés aux contextes pédoclimatiques locaux wallons et aux habitudes alimentaires saines 227
3. BCGMSweb : la web plateforme météo des bulletins agrométéorologiques 230

1. Les cultures protéagineuses : Wal'Prot

A. Dejonckheere¹ et B. Dumont¹

1.1 Mise en contexte

Depuis ces dernières décennies, la demande mondiale en protéines à destination humaine, principalement d'origine végétale, ne cesse d'augmenter, atteignant les 170 millions de tonnes par an (Développement des protéines végétales en Wallonie, 2022 ; Walagrim, 2021). Ce constat s'explique majoritairement par la croissance démographique, mais également par la demande croissante en protéines journalières par habitant et des changements de régimes alimentaires. Actuellement, l'Europe est en déficit de protéines végétales et comble ce manque par des importations, principalement de soja, correspondant à 50% de la demande (Roinsard et al, 2015). Face aux crises d'approvisionnement et dans le contexte du changement climatique, l'enjeu d'accroître notre autonomie en protéines de sources végétales est majeur.

1.2 Projet Wal'Prot

Le projet Wal'Prot est financé par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER). L'objectif principal de cette initiative est de développer de nouvelles stratégies de valorisation des protéines végétales et alternatives (cultures, coproduits industriels, microalgues, insectes, etc.) pour le secteur de l'alimentation humaine. Ce projet englobe plusieurs axes de recherche, allant de l'identification des sources protéiques à la création de nouveaux produits. Parmi les partenaires du projet, la faculté de Gembloux Agro-Bio Tech de l'ULiège s'intéresse notamment à la caractérisation du potentiel de différentes sources végétales, dans les contextes climatiques actuels et futurs, en utilisant des technologies de digitalisation déployées à l'échelle territoriale wallonne via la création de jumeaux numériques.

1.3 Sourcing végétal de protéines : définitions et intérêts

Les protéines végétales sont dérivées de plantes riches en protéines, c'est-à-dire, dont la teneur en protéines brutes dépasse les 15%. Les cultures à forte teneur en protéines sont les oléagineux (colza, tournesol, soja, etc.), les protéagineuses récoltées en graines sèches ou fraîches (pois, féverole, lupin, haricots, lentilles, etc.) ainsi que les légumineuses fourragères, principalement la luzerne et le trèfle.

Les cultures protéagineuses présentent un intérêt agro-environnemental majeur en raison de leur contribution à la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique (N₂). Cette fixation contribue à la fertilisation des cultures (dans le cycle des cultures en rotation ou via la culture en association) influençant positivement les rendements et leurs qualités, tout en réduisant le besoin en intrants minéraux, contribuant ainsi à la diminution des émissions de gaz à effet de serre. À ce titre, leur inclusion dans les rotations culturales rentre dans les stratégies « bas carbone ».

¹ ULiège – GxABT – Plant Sciences Axis – Phytotechnie tempérée/Crop Science

De plus, la diversification par le biais de ces cultures permet d'allonger les rotations, favorisant la rupture des cycles des maladies et ravageurs. Ainsi, leur intégration dans nos systèmes de culture promeut également des systèmes d'exploitation plus résilients et plus durables.

En Belgique, une des difficultés au déploiement de ces cultures est l'irrégularité des rendements occasionnés par des conditions climatiques néfastes et des moyens de lutte limités contre les bioagresseurs. Néanmoins, il est crucial de considérer l'intérêt économique de ces cultures en considérant, en plus du revenu qu'elles génèrent, leur contribution au fonctionnement global du système d'exploitation : contribution à l'autonomie protéique, réduction en intrant azotée et baisse du coût en produits phytosanitaires sur la culture, celles associées et celles suivantes, etc. En outre, ces cultures renforcent la résilience des exploitations en diminuant leur dépendance aux intrants et en répondant à la demande croissante en légumineuses à « graines sèches » pour l'alimentation humaine et animale.

Outre ces bénéfiques, les cultures protéagineuses occupent une place centrale dans les stratégies protéiques et agro-environnementales. Actuellement, la PAC 2023-2027 prévoit des aides financières spécifiques pour les légumineuses à graines et fourragères, par exemple, à travers des mesures de soutien liées aux cultures de protéines végétales et aux éco-régimes.

1.4 Perspectives pour les cultures riches en protéines au regard du changement climatique

La particularité de ces plantes est leur sensibilité face aux aléas climatiques et certains bioagresseurs, entraînant de fortes irrégularités de rendements, qui peuvent varier du simple au double, entre les années et les régions.

En outre, les différentes espèces de légumineuses (pois, féverole, etc.) réagissent de différentes manières aux stress hydriques ainsi qu'aux températures basses et élevées, influençant significativement les rendements. En prévision des changements climatiques, il est indispensable d'évaluer les impacts potentiels des variations induites par le climat sur la production, telles que le cumul de pluie et les températures extrêmes, etc.

Dans un premier temps, notre étude s'est concentrée sur les cultures de pois et de féveroles, tant en semis d'hiver que de printemps. L'analyse historique a permis de mettre en évidence les facteurs climatiques influençant les rendements de ces cultures : la température moyenne, le nombre de jours où la température maximale excède 25°C, la quantité de pluie, le nombre de jours de pluie, l'évapotranspiration, le déficit hydrique, etc. À l'échelle mensuelle, les rendements de féverole et pois répondent à une plus grande sensibilité aux conditions climatiques du mois de mai et juin. En général, dans le cycle de croissance, ces mois correspondent à la phase de floraison et à la transition entre la floraison et le remplissage des grains. La floraison est une période critique dans l'élaboration du rendement. Plus particulièrement, en fin de floraison, le stade limite d'avortement des fleurs/jeunes gousses déterminant le nombre de graines, dont la corrélation avec le rendement est de 74 à 94% selon l'espèce protéagineuse.

L'augmentation moyenne des températures attendue avec le changement climatique accélèrera le cycle de développement, entraînant une avance des stades de croissance par rapport au calendrier actuel. Par conséquent, la période de floraison sera plus rapidement atteinte par les différentes espèces dans les horizons 2040-2070 et 2070-2100. À titre d'exemple, le modèle climatique MIROC5 basé sur un scénario d'émission RCP 8.5, projette une augmentation moyenne de 4,6°C d'ici à 2100 (Tableau 1). Dans ces conditions, la floraison surviendrait plus

IV. Perspectives

d'un mois plus tôt sur les cultures dont le semis est réalisé en hiver (en maintenant les dates de semis actuelles). Ce décalage temporel des stades de développement permettrait, par contre, d'éviter des stress thermiques liés à la coulure des fleurs. Par ailleurs, l'augmentation de la concentration en CO₂ dans l'atmosphère permettrait d'accroître la photosynthèse nette, d'augmenter la fixation de N₂ et de réduire la consommation d'eau.

Tableau 1 - Prédictions de rendements moyens (kg/ha) basées sur des facteurs climatiques (Gembloux).

| Rendement kg/ha | | Féverole d'hiver | Féverole de printemps | Pois d'hiver | Pois de printemps |
|-----------------|-----------|------------------|-----------------------|--------------|-------------------|
| Modele | Periode | Moyenne | | | |
| Historic | 1980-2010 | 3672 | 2995 | 3963 | 2499 |
| MIROC5_85 | 2040-2069 | 4318 | 3231 | 3854 | 2655 |
| MIROC5_85 | 2070-2099 | 4731 | 3057 | 4507 | 2663 |

En résumé, selon le scénario de changement climatique, la production de la plante augmenterait, compensant ainsi la réduction du cycle de développement (Falconnier et al, 2020). Par conséquent, les potentiels de rendements futurs seraient également plus élevés. Sur base des premiers modèles de prédictions, en Wallonie, l'augmentation de rendement moyen pourrait atteindre les 27%, selon l'espèce, d'ici à l'horizon 2100 (Tableau 1 et Figure 1).



Figure 1 – Prédictions de rendements moyens (kg/ha) en féverole d'hiver basées sur le climat par période temporelle 1980-2010 (gauche) et 2070-2099 (droite) à l'échelle wallonne.

1.5 Références

Roinsard, A., Früh, B., & Schlatter, B. (2015). DISPONIBILITE EN PROTEINES DANS DIFFERENTS PAYS D'EUROPE.

Développer les protéines végétales en Wallonie, une opportunité d'avenir pour ancrer davantage localement notre alimentation—Le Sillon Belge. (2022, juillet 6). Sillon Belge. <https://www.sillonbelge.be/9440/article/2022-07-06/developper-les-proteines-vegetales-en-wallonie-une-opportunit-e-d-avenir-pour>

Falconnier, G. N., Vermue, A., Journet, E.-P., Christina, M., Bedoussac, L., & Justes, E. (2020). Contrasted response to climate change of winter and spring grain legumes in southwestern France. *Field Crops Research*, 259, 107967. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107967>

Wagralim. (2021, avril 23). Protéines végétales : Demande en croissance. Possibilités pour la Wallonie ? Wagralim. <https://info.wagralim.be/blog/r-d-4/proteines-vegetales-demande-en-croissance-possibilites-pour-la-wallonie-90>

2. Évaluer la stabilité et la durabilité de systèmes de culture innovants adaptés aux contextes pédoclimatiques locaux wallons et aux habitudes alimentaires saines

T. Desmarez² et B. Dumont²

2.1 Contexte

Trouver l'équilibre entre les coûts environnementaux de la production alimentaire et la nécessité de nourrir des populations mondiales en augmentation dans un contexte de changement climatique sera sans doute le plus grand défi de l'agriculture du XXI^e siècle. L'impact de l'agriculture dite conventionnelle intensive sur les ressources naturelles a entraîné, à l'échelle mondiale, des dégradations environnementales et des pertes de biodiversité. Ces impacts sont par ailleurs amplifiés par la pression du changement climatique. Ce constat entraîne la nécessité de développer des solutions innovantes pour une agriculture plus durable et pourvoyeuse de services écosystémiques multiples, adaptée au changement climatique et à la préservation de la biodiversité. Le changement des habitudes

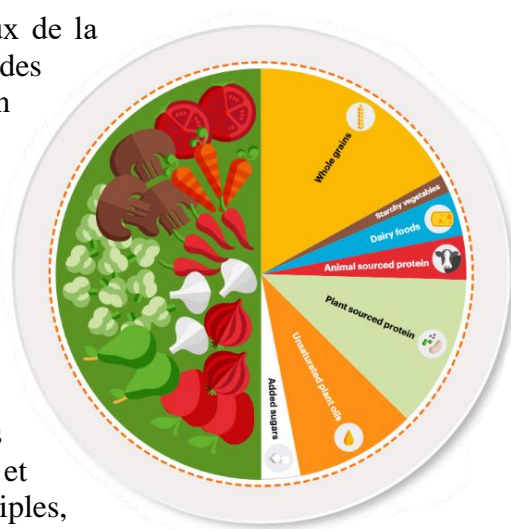


Figure 1 – Régime EAT-LANCET

alimentaires vers des régimes plus respectueux de l'environnement et plus sains est un autre levier essentiel. Si la quantité totale acceptable d'aliments d'origine animale dans les régimes alimentaires fait encore l'objet de débats, il existe un consensus sur le fait que les régimes alimentaires occidentalisés comprennent trop de viande et trop peu d'aliments d'origine végétale riches en fibres. La commission EAT-Lancet a ainsi proposé un régime alimentaire universel qui permettrait à 9 milliards de personnes à travers le monde de manger sainement tout en respectant les limites de la planète (Figure 1). Dans le même esprit, d'autres types de régimes alimentaires ont ensuite été proposés, tel que celui proposé par le projet TYFA (Ten Years For Agroecology). S'ils suggèrent tous les deux une réduction importante de la consommation de viande, aucun n'exclut l'animal, dont la place dans les systèmes d'exploitation et les paysages sera essentielle.

² ULiège – GxABT – Plant Sciences Axis – Phytotechnie tempérée/Crop Science

2.2 Objectif

L'objectif global du projet est d'étudier le potentiel de systèmes de cultures innovants, notamment basés sur l'intégration des systèmes d'élevage (*ICLS – integrated crop-livestock systems*), afin de co-concevoir, avec des agriculteurs partenaires du projet, des agro-écosystèmes durables, résilients, et en mesure de sous-tendre des régimes alimentaires sains et durables pour la Wallonie (Tableau 1).

Tableau 1 – Comparaison de la production wallonne actuelle aux besoins des différentes catégories d'aliments si tout le monde adoptait le régime EAT-Lancet. Les catégories alimentaires où l'autonomie n'est pas atteinte sont grisées.

| Catégorie | Production wallonne 2022 (t) | Consommation EAT-Lancet wallonne (t) | Autonomie alimentaire (%) |
|--------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| Céréales | 1370884 | 308574 | 444 |
| Pommes de terre | 1071584 | 66503 | 1611 |
| Sucre | 441026 | 41232 | 1070 |
| Légumineuses | 40399 | 166258 | 24 |
| Légumes | 148162 | 399018 | 37 |
| Fruits | 64870 | 266012 | 24 |
| Oléagineux | 13479 | 70493 | 19 |
| Viande de bœuf | 85391 | 9310 | 917 |
| Viande de porc | 44073 | 9310 | 473 |
| Viande de volaille | 39896 | 75813 | 53 |
| Produits laitiers | 1232170 | 332515 | 371 |
| Œufs | 29962 | 35912 | 83 |

2.3 Tâches

Le travail de conception de systèmes agro-écologiques (SAE) innovants vise à créer, pour chaque région agricole wallonne, des systèmes de culture qui répondent aux besoins alimentaires, économiques et sociaux tout en préservant la biodiversité et en renforçant la résilience face au changement climatique. À cet égard, la consolidation de bases de données holistiques issues d'expérimentations sur le terrain et la modélisation systémique constitueront le cœur de ce travail.

Les expérimentations sur le terrain sont entreprises pour acquérir des données sur les performances des cultures dans des systèmes nouveaux et l'évolution de la qualité du sol. Concernant la caractérisation du sol, il s'agit d'investiguer sa structure, son activité biologique et la disponibilité en éléments nutritifs essentiels. Outre la caractérisation de la performance culturale, un point d'attention est aussi porté sur la compétition avec les adventices.

La modélisation des SAE se fera via le modèle STICS développé par l'INRAE (Figure 2). Ce modèle a démontré une bonne capacité à simuler les performances des cultures et les services écosystémiques dans différentes expériences long terme. Les données collectées sur le terrain sont utilisées pour affiner et ajuster le modèle, en utilisant des approches d'optimisation des paramètres si nécessaire. L'évaluation de la durabilité des SAE se fait à travers des simulations informatiques prenant en compte les interactions entre le sol et les plantes sur une période d'au

moins 30 ans. Cela permet d'évaluer les impacts à long terme des pratiques agricoles sur les indicateurs agronomiques et environnementaux, tels que le stockage du carbone, les émissions de gaz à effet de serre, et le cycle des nutriments. Les simulations prendront aussi en compte les projections climatiques futures du GIEC afin d'analyser la résilience des SAE face aux changements climatiques prévus.

Enfin, les résultats de ces évaluations aideront à identifier les SAE les plus prometteurs pour chaque région agricole, en tenant compte de leur capacité à soutenir les systèmes alimentaires locaux et en optimisant les flux territoriaux des ressources alimentaires, y compris les excédents et les importations nécessaires pour combler les lacunes dans les régimes alimentaires humains et animaux.

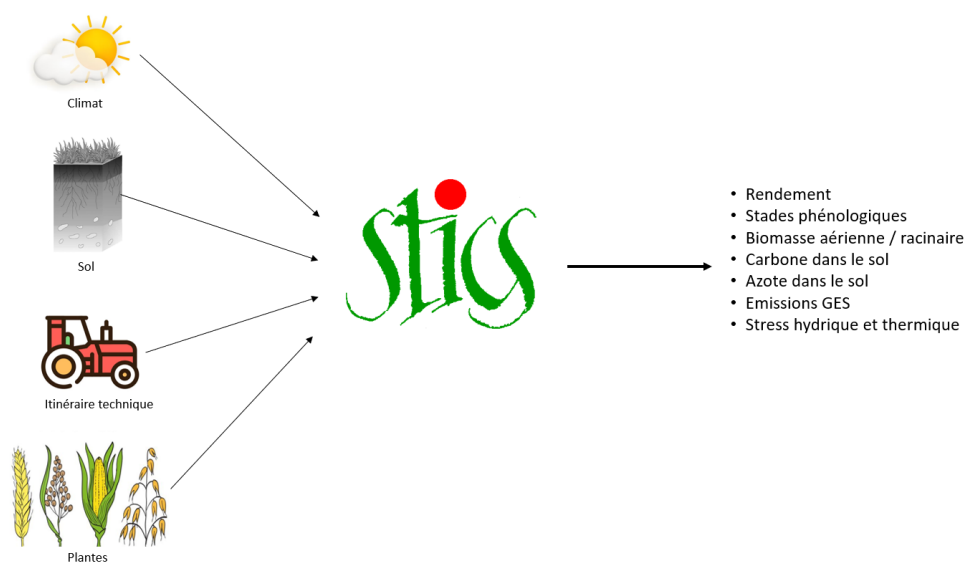


Figure 2 – Représentation schématique du modèle STICS.

3. BCGMSweb : la web plateforme météo des bulletins agrométéorologiques

Y. Curnel³ D. Rosillon³, J. Huart³, V. Planchon³



BCGMSweb est une nouvelle plateforme web propulsée par le CRA-W. Elle vient en complément des bulletins agrométéorologiques BCGMS qui analysent les conditions de croissance au cours de la saison et présentent un aperçu de l'état des principales cultures en Belgique.

Cette plateforme propose, au travers de cartes et graphiques interactifs, différents indicateurs agrométéorologiques et issus de l'imagerie satellitaire permettant d'analyser et d'appréhender plus finement une saison culturale. Elle fournit également différentes valeurs statistiques (rendements, surfaces, productions) permettant, entre autres, d'analyser l'impact d'événements climatiques sur les productions agricoles.

BCGMSweb est disponible en libre accès à l'adresse www.bcgms.be.

3.1 Introduction

Plus aucun doute ne subsiste sur le fait que notre climat est en pleine mutation. Dans son rapport datant de 2020, l'IRM rapporte par exemple que depuis 1890 la température annuelle moyenne en Belgique a subi une hausse de 1,9°C avec une notable accélération depuis 1954 où un réchauffement entre 0,27 et 0,33°C par décennie est observé. Au niveau des précipitations, même si l'augmentation des quantités annuelles est moins franche, elle reste cependant significative. Au-delà de ces hausses moyennes, de nombreux événements climatiques extrêmes viennent émailler de plus en plus régulièrement les saisons culturales. Ces événements sont de nature diverse et s'enchaînent parfois au cours d'une même saison. Ainsi, les vagues de chaleur ont augmenté tant en fréquence, qu'en durée et en intensité. Il en est de même pour les périodes de sécheresse ou des jours très pluvieux.

Même si l'impact de ces événements climatiques extrêmes diffère suivant la culture et son stade phénologique, la répercussion sur le développement des cultures, les rendements et la qualité des produits est indéniable. La variabilité interannuelle de ces variables est devenue une source d'incertitudes importantes qui impacte la rentabilité des exploitations agricoles.

Depuis 2002, le CRA-W publie en partenariat avec l'IRM et le VITO, et avec l'appui de divers centres pilotes et techniques tant wallons que flamands, des bulletins agrométéorologiques (bulletins BCGMS) au rythme de trois fois par an, en cours de saison.

Les bulletins BCGMS visent à décrire les conditions de croissance et cette dernière en Belgique pour les principales cultures (froment et orge d'hiver, betterave, pomme de terre, maïs et prairies). Cette caractérisation s'appuie sur différentes sources de données : des données météorologiques, des données satellitaires, des données statistiques mais également des observations de terrain transmises par différents services d'encadrement. Les bulletins

³ CRA-W – Département Productions agricoles – Unité Agriculture, territoire et intégration technologique.

fournissent également des prévisions de rendements sur base de ces données et d'un modèle de croissance.

Ces bulletins sont principalement transmis à la demande par courrier électronique (format PDF). La plateforme BCGMSweb a été développée à l'aide d'un financement de la politique scientifique fédérale (BELSPO) avec pour objectif de compléter ces bulletins. Des indicateurs de rendements sont ainsi consultables en ligne grâce à des graphiques et figures interactives régulièrement mis à jour. Ces indicateurs de rendements sont de différentes natures :

- Indicateurs agrométéorologiques ;
- Indicateurs issus d'images satellitaires ;
- Données statistiques (rendements, surfaces et productions).

La plateforme BCGMSweb est également un point d'accès à l'ensemble des bulletins agrométéorologiques publiés depuis 2002.

Ces indicateurs sont tous fournis à l'échelle des régions agricoles.

3.2 Indicateurs agrométéorologiques

Deux catégories d'indicateurs agrométéorologiques ont été définis à savoir des indicateurs génériques (non liés à une culture) et des indicateurs plus spécifiques aux cultures. Ces indicateurs spécifiques ont été construits en partenariat avec les centres pilotes / techniques. Les indicateurs agrométéorologiques s'appuient sur des données météorologiques fiables de l'IRM.

Par exemple, le cumul des précipitations ou bien encore le déficit hydrique depuis le 1^{er} janvier sont des indicateurs agrométéorologiques génériques.

Les indicateurs spécifiques aux cultures sont généralement établis sur des périodes phénologiques clés de la culture. Des indicateurs spécifiques pour le froment sont par exemple (liste non exhaustive) :

- Le cumul des précipitations sur la saison de croissance (définie comme s'étendant entre le 15 octobre (année-1) et le 31 juillet) ;
- Le déficit hydrique cumulé durant la période de remplissage du grain (période définie comme s'étendant du 20 juin au 31 juillet) ;
- Le nombre de jours de canicule durant la période de remplissage du grain (période définie comme s'étendant du 20 juin au 31 juillet).

Les indicateurs définis pour l'orge d'hiver sont comparables à ceux définis pour le froment d'hiver, la principale différence étant la période sur laquelle ces indicateurs sont définis.

Ces indicateurs sont disponibles sous forme de cartes ou de graphiques selon différentes modalités d'affichage.

Il est par exemple possible de comparer, pour une année donnée, les valeurs de l'indicateur sélectionné pour les différentes régions agricoles de Belgique (Figure 1). Une comparaison au regard d'une normale calculée entre 1991 et 2020 et de la distribution des valeurs sur la période est également possible.

IV. Perspectives

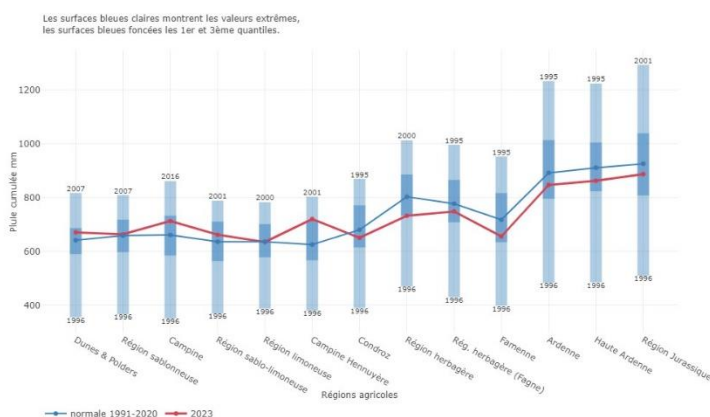


Figure 1 – Cumul des précipitations sur la période de croissance du froment d’hiver (entre le 15 octobre et le 31 juillet) pour l’année 2023 (ligne rouge) pour les différentes régions agricoles de Belgique. La ligne bleue correspond à la valeur normale sur la période 1991-2020, les barres bleues correspondent à la distribution sur cette période 1991-2020.

L'utilisateur a également la possibilité de comparer les valeurs d'un indicateur au cours du temps pour une région agricole donnée (Figure 2 à gauche) ou bien encore l'évolution de l'indicateur pour une année donnée (Figure 2 à droite).

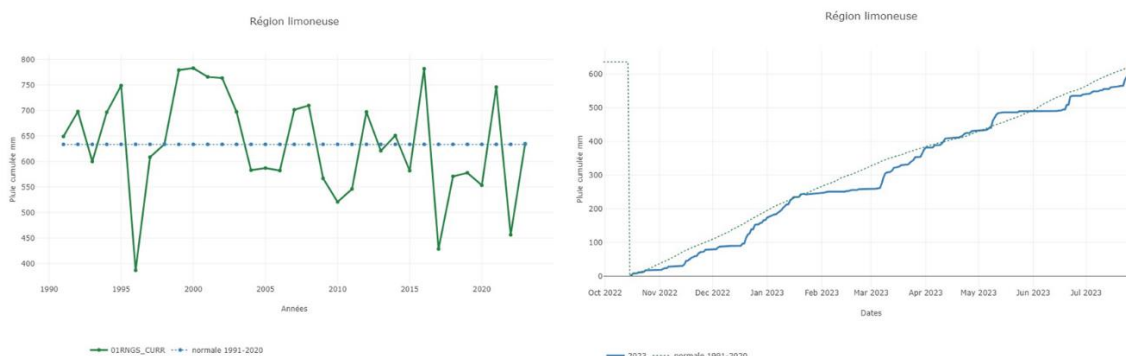


Figure 2 – Comparaison du cumul des précipitations sur la période de croissance du froment d’hiver (entre le 15 octobre et le 31 juillet) en région limoneuse entre 1991 et 2023 (à gauche) et évolution du cumul des précipitations sur la période de croissance du froment d’hiver entre le 15 octobre 2022 et le 31 juillet 2023 (à droite).

3.3 Indicateurs de croissance issus d'images satellitaires

Les satellites permettent eux aussi de fournir des informations sur la croissance des cultures en temps quasi réel. Ces observations, et par conséquent les indicateurs qui en découlent, permettent de caractériser effectivement l'impact des conditions climatiques sur le développement des cultures alors que les indicateurs agrométéorologiques traduisent plutôt un risque.

Actuellement, des satellites de moyenne résolution sont utilisés (e.g. Sentinel-3). Leur résolution spatiale ne permet pas d'extraire une information spécifique à une culture donnée. L'information est cependant spécifique au développement de la végétation.

Différents indicateurs de biomasse (e.g. NDVI) sont disponibles. Comme pour les indicateurs

agrométéorologiques, des comparaisons entre régions agricoles ou entre années pour une même région agricole, sont notamment possibles.

Ces données satellitaires sont mises à disposition par le VITO.

3.4 Données statistiques (rendements, surfaces et productions)

Les données statistiques de rendements, surfaces et productions mises à disposition sur le site de l'office belge des statistiques (STATBEL) ont été compilées (depuis 1968 pour les rendements, depuis 1980 pour les surfaces). Les graphiques permettent par exemple (Figure 3) de mettre en lumière une plus grande variabilité des rendements au cours des dernières années / décennies ainsi qu'une tendance à l'affaiblissement de la tendance 'technologique'.

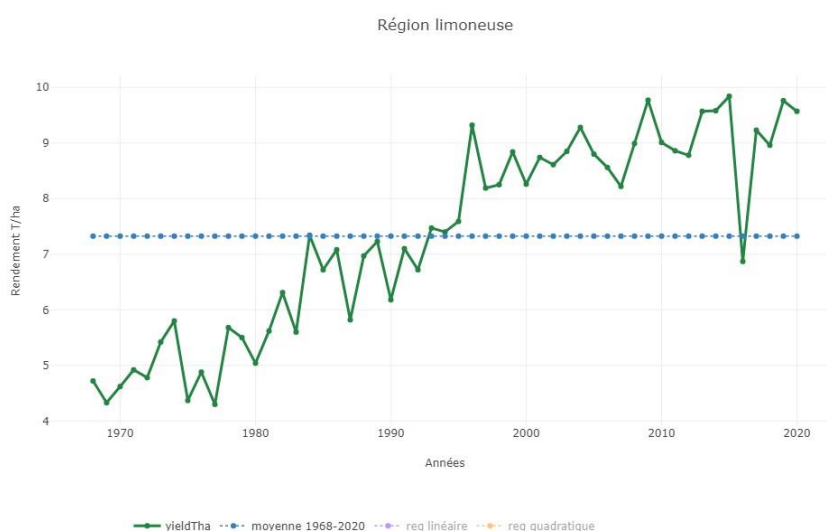


Figure 3 – Évolution des rendements (en T /ha) du froment d'hiver en région limoneuse.

3.5 Bulletins agrométéorologiques

La plateforme permet d'accéder à l'ensemble des bulletins agrométéorologiques publiés depuis 2002 ce qui représente une mine d'informations historiques quant au déroulé des saisons culturales depuis un peu plus de 20 ans.

3.6 Conclusions / perspectives

La version disponible de BCGMSweb accessible en février 2024 est la toute première mise en ligne. Si elle constitue déjà un complément très utile aux bulletins agrométéorologiques BCGMS et s'intègre harmonieusement dans la famille des plateformes météo du CRA-W (avec AGROMET et ses OADs), des améliorations sont déjà à l'ordre du jour pour la fin 2024.

Il est en effet envisagé de mieux cerner la période de définition des indicateurs agrométéorologiques, d'intégrer des informations satellitaires spécifiques aux cultures, de développer de nouveaux indicateurs issus de modèles de croissance et d'intégrer l'ensemble des indicateurs générés dans le processus de prévisions des rendements.