

L'agronomie au **cœur des systèmes** de production

En route vers la transition agroécologique



2021



**AGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRE D'AGRICULTURE
PAYS DE LA LOIRE

PROAGRI

POUR VOUS. AUJOURD'HUI. ET DEMAIN

GROUPES CULTURES

**Séparation vente
conseil :**
intégrez les groupes
cultures et boostez
vos performances
jusqu'à 150 €/ha.

En partenariat avec les groupes
de développement en Sarthe et Vendée.

 **02 41 96 75 36**

www.pays-de-la-loire.services-proagri.fr



- Conseils et suivis techniques sur les conduites de cultures.
- Conseil stratégique phyto réglementaire inclus (Loi EGAlim).
- Réflexion et échanges en groupe.
- Essais, bouts de champs, tours de plaine.
- Références techniques et bulletins d'alerte.



**AGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRE D'AGRICULTURE
PAYS DE LA LOIRE

L'agronomie au cœur des systèmes de production

En route vers la transition agroécologique



AGROÉCOLOGIE

- La transition agroécologique 04

APPROCHE SYSTÈME

- La diversification des cultures 07
- La régulation naturelle 09
- Se préparer à l'Agriculture de Conservation 11

ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

- L'état des lieux sur le changement climatique 14

OPTIMISATION DES INTRANTS

- La pulvérisation et les innovations 19
- Le robot de pulvérisation 21

OPTIMISATION DE L'IRRIGATION

- Le profil de sol digital 23

SYSTÈME GRANDES CULTURES BIO

- La co-conception de systèmes de cultures innovants sur les territoires 28

SYSTÈME PRAIRIE

- L'estimation de l'herbe valorisée au pâturage 32
- La pousse de l'herbe mesurée par satellite 34

Avec la participation des conseillers agronomes de la Chambre d'agriculture des Pays de la Loire.



Vous découvrez la 2^e édition de « Cœur de système ». Tous les métiers du végétal de la Chambre d'agriculture Pays de la Loire s'unissent pour l'élaborer, et ainsi nous aider et nous accompagner dans nos futures orientations.

Notre métier évolue sans cesse pour répondre (toujours) à la souveraineté alimentaire française, européenne et mondiale. Le consommateur est accompagné à être toujours plus exigeant. Les agriculteurs s'adaptent, certes, mais à quel prix !

À travers cette édition, plusieurs thématiques sont développées. L'une s'impose à nous par le changement climatique (nouvelles cultures, accès à l'eau...), d'autres nous aident à faire évoluer notre système (AC, AB, prairies, protéines...), et d'autres nous accompagnent dans nos décisions (OAD : azote, fongicide, irrigation...). La finalité est bien de vous accompagner dans la transition agroécologique décidée par l'Europe et la France dont l'une des premières mesures est la séparation vente/conseil applicable depuis le 1^{er} janvier 2021. Nombreux sont les fournisseurs à avoir choisi la vente. À la Chambre d'agriculture, notre compétence repose sur le conseil que nous renforçons.

Après la lecture de Cœur de système 2021, le bon réflexe est de rejoindre ou créer un groupe dans votre territoire sur une ou plusieurs thématiques. Ensemble nous irons toujours plus loin.

Philippe DUTERTRE - Président de la Commission Agronomie

EDITO



AGROÉCOLOGIE

La transition agroécologique

Une opportunité pour répondre à de nouveaux enjeux ?

La transition agroécologique est au cœur des attentes actuelles et ce terme est présent dans de nombreux dispositifs. Mais de quoi s'agit-il et comment définir cette notion générique de manière concrète ?

Une approche globale pour prendre en compte les enjeux actuels

Multi-performance de l'exploitation, amélioration de l'autonomie fourragère et protéique, optimisation des intrants, amélioration de la qualité des sols, préservation des ressources naturelles... sont autant d'objectifs contribuant à l'agroécologie et à la durabilité des exploitations.

La déclinaison de ces objectifs dans les exploitations nécessite de prendre en compte les enjeux actuels (agronomiques, sanitaires, environnementaux, économiques, réglementaires, climatiques...) pour définir un plan d'actions adapté à chaque exploitation.

Un changement d'échelle dans la réflexion

Différents leviers permettent d'accompagner les exploitations dans cette transition et plusieurs échelles de réflexion sont nécessaires pour atteindre les objectifs identifiés :

- La mobilisation de leviers techniques à l'échelle de la par-

celle est un premier niveau de réflexion et d'acquisition de connaissances. On peut citer le choix des couverts végétaux, le choix d'associer des cultures pour par exemple, améliorer la gestion du salissement, les leviers agronomiques pour la gestion des bioagresseurs (décalage des dates de semis...), le recours à des stratégies alternatives (ex : produits de biocontrôle, désherbage mécanique)... Ces différents thèmes font l'objet de travaux de recherche de manière à disposer de références techniques valorisables dans les conditions pédoclimatiques régionales.

- Une réflexion systémique, prenant en compte à la fois le système de cultures et sa place dans l'exploitation, et même le territoire pour construire des systèmes de production qui s'appuient sur les fonctionnalités offertes par les écosystèmes.

Ainsi, l'intégration de nouvelles cultures dans un assolement nécessite de faire évoluer la rotation mais aussi de disposer de débouchés pour la valorisation de cette culture (que ce soit en auto-consommation en cas d'élevage ou bien via la commercialisation de cette culture).

L'exemple de l'agroforesterie illustre également l'importance de la réflexion systémique. La présence d'arbres incite à repenser les cultures présentes, les pratiques culturales (ex : travail du sol) et la prise en compte des auxiliaires des cultures.

- L'importance des échanges pour accompagner cette transition. De nombreux travaux de recherche ont permis de mettre en avant les effets positifs de l'appartenance à un groupe pour accompagner les changements sur une exploitation dans la durée : échanges, tests de nouvelles techniques, interventions d'experts, réassurance... sont autant de vecteurs permettant de faciliter la transition. Les groupes DEPHY, Ecophyto 30000, groupes de progrès sont des exemples de cet accompagnement collectif dans la transition agroécologique.

Pas de recette pour une transition réussie

Ainsi, l'évolution des systèmes, pour répondre aux enjeux actuels de la société et des exploitations, nécessite la combinaison d'un ensemble de leviers adaptés à chaque situation. La réflexion autour des évolutions de systèmes doit être réfléchie au cas par cas, en prenant en compte les moyens, les atouts, les contraintes de chaque système et de son environnement.

Les pages suivantes présentent des initiatives et résultats de projets qui sont autant d'exemples et de pas vers la transition agroécologique.

Aline VANDEWALLE

FOCUS

Le soja, une ressource locale pour améliorer l'autonomie protéique des élevages sarthois ?



Parmi les initiatives en cours, un collectif de partenaires sarthois, accompagné par la Chambre d'agriculture et Terres Inovia, travaille depuis 3 ans pour améliorer l'autonomie protéique du territoire (et des exploitations d'élevage) en développant la culture de soja local.

Pour cela différentes approches sont menées de front :

- la faisabilité technique de cette culture dans le contexte pédoclimatique sarthois, avec des suivis de parcelles, des essais, des tours de plaine et des messages techniques, mais également sur les conditions de réussite de l'insertion dans l'alimentation des animaux (toastage par exemple)
- la faisabilité économique de l'insertion de soja dans les systèmes de culture : conditions de rendement, de prix
- la faisabilité structurelle d'une nouvelle filière : volumes nécessaires pour permettre le développement d'une unité de transformation, implication des différents acteurs...

Cette réflexion, actuellement en cours, montre également que dans cette transition, la construction de références, l'évaluation de la faisabilité se fait en même temps que l'accompagnement des initiatives locales et de leur structuration.



Combiner des leviers techniques / agronomiques

- Choix des couverts végétaux
- Association de cultures
- Désherbage mécanique
- Réduction des intrants
- Biocontrôle
- ...

Echanger entre agriculteurs

- Groupes de progrès
- GIEE
- Groupes 30000, réseaux DEPHY
- Formations
- ...



Appréhender globalement les systèmes d'exploitation

- Diversification des assolements
- Agriculture de Conservation
- Re-conception des systèmes
- Agroforesterie
- Création de nouvelles filières
- Favoriser la mixité des systèmes
- ...

Pour contribuer aux objectifs de l'agroécologie

Combinaison de différentes échelles pour faciliter la transition vers l'agroécologie

SOLUTIONS NUMÉRIQUES

Confort, sécurité, simplicité

Gagnez du temps au quotidien

- Gérer et piloter ses cultures
- Être en conformité avec la réglementation
- Mesurer ses indicateurs environnementaux (HVE, BIO)
- Être accompagné par des conseillers experts



APPROCHE SYSTÈME



La diversification des cultures

Impacts sur la réduction des intrants et les performances technico-économiques

Un essai est mis en place en Mayenne pour évaluer les performances d'un système très diversifié avec une rotation de 10 ans. Il fait partie d'un réseau européen d'essais visant à fournir les outils et innovations permettant de lever les freins à la diversification des cultures (projet DiverIMPACTS).

Le système diversifié testé dans l'expérimentation vise à réduire fortement l'utilisation des intrants (-70% d'IFT) avec des marges et un temps de travail stable par rapport au système de référence.

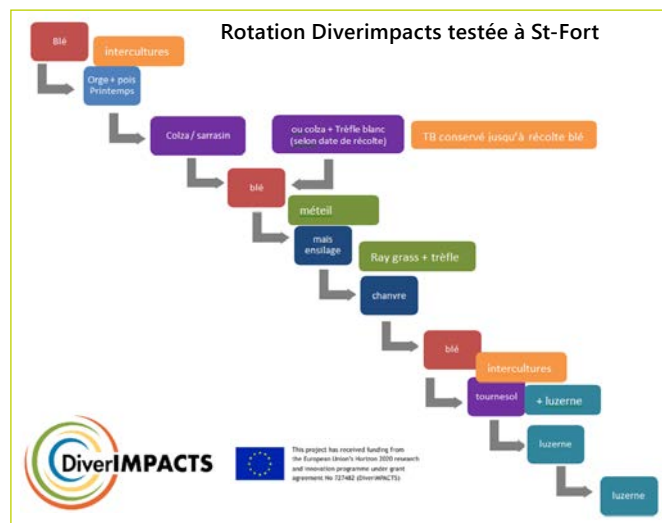
Trois stratégies de diversification sont mises en place et combinées dans le système DiverIMPACTS :

- des cultures multiples,
- des cultures associées,
- une rotation longue et diversifiée sur 10 ans.

Ces stratégies sont également combinées à d'autres leviers agronomiques, tels que l'utilisation de mélanges de variétés, le décalage des dates de semis, le désherbage mécanique...

L'essai est mis en place depuis 2017 avec un dispositif en bandes. Une bande est dédiée au système de référence avec une rotation sur quatre ans (colza/blé/maïs/blé) en agriculture raisonnée.

Fabien GUÉRIN





Une rotation diversifiée pour limiter les intrants

Premières observations

Commune	Saint-Fort
Type de sol	Limon battant sableux sur schiste de 50 cm de profondeur, RU = 75 mm, sans irrigation. Pluviométrie annuelle = 719 mm

Interview de Fabien GUÉRIN, conseiller à la Chambre d'agriculture des Pays de la Loire, en charge de l'expérimentation.

Comment a été construite la rotation de 10 ans testée sur l'essai ?

La rotation testée sur l'essai résulte d'ateliers de co-conception « multipartenaires » réunis au printemps 2017. Ces ateliers ont regroupé des agronomes aux profils variés (ESA, Terre Inovia, Arvalis, Chambre d'agriculture, Coopérative, Agrocampus Ouest, Terrena...). Cette rotation longue permet de limiter le retour d'une même culture sur les parcelles et ainsi réduire les risques sanitaires. Le développement d'adventices doit également être moins important du fait des périodes de semis décalées (culture hiver/printemps) et de l'introduction de cultures semi-pérennes (luzerne).

Quels sont les premières observations ou résultats suite à la mise en place de cette rotation ?

La mise en place de la luzerne sous couvert de tournesol ou au semis de l'orge de printemps donne des résultats hétérogènes en terme de peuplement selon les années. 2021 permettra de faire les premières observations sur les adventices présentes dans le blé après luzerne. L'enchaînement d'un méteil précoce à base d'avoine et de vesce suivi d'une culture de printemps a donné jusqu'à présent totale satis-

faction avec des productions de fourrage de qualité et en quantité importante (4 à 5 t MS/ha vers fin avril). Ces méteils ne nécessitent aucun intrant et garantissent des parcelles propres avant l'implantation du maïs ou du chanvre. L'introduction du chanvre a toujours bien fonctionné : il permet de rapidement couvrir le sol et ne nécessite pas de produits phytosanitaires. Après l'exportation de la paille de chanvre, le blé a été cette année implanté en semis direct.

Avez-vous effectué des adaptations sur la rotation ou la conduite des cultures ?

Nous échangeons entre collègues pour décider des modifications à adopter. Ce sont principalement les accidents climatiques qui nécessitent des adaptations ou des changements. Par exemple, les précipitations de l'hiver 2019-2020 ont empêché les semis de méteils et de blés, nous avons donc choisi de remplacer les cultures d'hiver par du pois de printemps et du maïs.

Quand disposerez-vous des résultats économiques ?

Nous n'avons à l'heure actuelle que 3 ans de recul. Il est encore difficile d'évaluer les effets cumulatifs de la diversification du système. Cependant, les premiers résultats seront disponibles fin 2021 quand tous les couples cultures/précédents auront été mis en place au moins une fois. À suivre donc...



La régulation naturelle

Un levier pour limiter le recours aux produits phytosanitaires

Divers organismes sont présents dans les parcelles agricoles : les ravageurs qui causent parfois des dommages importants aux cultures et les auxiliaires qui s'attaquent aux organismes nuisibles aux plantes. En les consommant ou les parasitant, ils provoquent la diminution des populations de ravageurs et limitent ainsi les dégâts sur les cultures : c'est le service de régulation naturelle.

Quels sont les auxiliaires actifs en grandes cultures et comment les observer ?

Les **carabes** sont des coléoptères prédateurs généralistes. Plus d'une cinquantaine d'espèces peuvent coloniser les parcelles agricoles dans notre région. Le développement larvaire du carabe a lieu dans le sol. C'est pourquoi le travail du sol peut avoir un effet négatif sur les populations (certains sont donc plus souvent observés dans des parcelles en semis direct). L'un des carabes les plus souvent observés est *Poecilus cupreus*, un carabe de couleur cuivrée de 9 à 13 mm. C'est un prédateur généraliste.

Poecilus cupreus, un carabe de couleur cuivrée de 9 à 13 mm. C'est un prédateur généraliste.

Les **syrphes** sont des « mouches » dont les larves sont prédatrices de pucerons. L'adulte est un pollinisateur mimétique de guêpe ou d'abeille qui pond ses œufs au milieu des colonies de pucerons. Les larves peuvent ensuite consommer des dizaines de pucerons par jour. *Episyrphus balteatus* est un syrphé commun dans les cultures.



L'adulte se reconnaît par son vol stationnaire à proximité de fleurs par exemple. Pour observer les larves, chercher les asticots dans les colonies de pucerons.

Positionner une planche de bois ou une bâche type piège à limaces : les carabes viennent s'y abriter et se nourrir des éventuelles limaces présentes.



Les **parasitoïdes** sont de petites guêpes qui viennent pondre dans les pucerons. Les larves de ces insectes se développent dans le puceron en le consommant provoquant sa mort.

Les parasitoïdes ne sont pas facilement observables mais le résultat du parasitisme est très visible. Dans les colonies de pucerons, certains pucerons sont bruns, gonflés et secs : ce sont des momies de pucerons dans lesquelles un parasitoïde se développe. Lorsqu'un minuscule trou est visible sur cette momie, c'est que le développement larvaire du parasitoïde est terminé : l'adulte a émergé et s'est envolé.



Bien d'autres auxiliaires sont présents dans les parcelles agricoles (coccinelles, araignées, mouches tachinaires, chrysopes...).

En quoi les auxiliaires constituent un levier pour limiter le recours aux produits phytosanitaires ?

Le projet ARENA (2017-2020) a permis d'étudier et de mieux comprendre les mécanismes de régulation naturelle à travers le suivi de deux ravageurs, les pucerons et les limaces, et de leurs prédateurs ou parasitoïdes en grandes cultures. Ce projet a permis d'observer *in situ* la prédation de pucerons par les carabes. Des analyses moléculaires réalisées sur des carabes ont mis en évidence la présence de pucerons et limaces dans l'estomac des carabes. Ces insectes consomment donc régulièrement des ravageurs de cultures.

Comment favoriser la présence des auxiliaires sur les parcelles agricoles ?

Les infrastructures agroécologiques en bordure de parcelles sont favorables à la biodiversité fonctionnelle, d'autant plus

lorsqu'elles sont reliées entre elles (maillage de haies et bandes enherbées). Les bandes enherbées ou les haies sont des refuges pour certaines espèces qui y passent une partie de leur cycle. Certains carabes, par exemple, s'éloignent peu des bandes enherbées vers l'intérieur de la parcelle. Leur présence est conditionnée par la proximité avec une bande enherbée (moins de 30 m ou 70 m suivant les espèces). Les auxiliaires trouvent dans ces aménagements des ressources (pollen, miellat) ou des proies (insectes inféodés à la haie ou la bande enherbée) alternatives et peuvent ainsi survivre lorsqu'aucun ravageur n'est présent dans la parcelle.

Des aménagements ponctuels peuvent aussi être mis en place : des fagots de bois, tas de branchages, tas de pierre... Ils constituent des caches pour les auxiliaires durant la mauvaise saison.

La proximité des lieux de refuges avec les parcelles permet aux auxiliaires de coloniser plus rapidement la parcelle lorsque les ravageurs commencent à y être présents. La régulation peut alors se mettre plus rapidement en place pour maintenir les populations des ravageurs sous le seuil de nuisibilité.

Le projet ARENA a permis de montrer que certains éléments paysagers (taille des parcelles, type de bordure, % de prairies...) et certaines pratiques agricoles avaient des impacts plus marqués que d'autres sur les populations d'auxiliaires. Un diagnostic de ces éléments peut permettre d'évaluer le potentiel d'accueil des auxiliaires d'une parcelle et de prédire la régulation qui peut se mettre en place.

Alexia BARRIER



Les fagots de bois constituent des refuges pour les auxiliaires.



Se préparer à l'échelle du système pour l'Agriculture de Conservation (AC)

L'Agriculture de Conservation est la mise en œuvre concomitante de 3 piliers : le non-travail du sol, la couverture permanente du sol et la diversité de la rotation. Bien souvent, la mise en œuvre se fait par étape avec une nécessité de bien préparer son système en amont pour éviter des situations inconfortables.

L'inconfort de la situation intermédiaire

Souvent mise en œuvre en premier, la réduction du travail du sol démarre par l'arrêt du labour remplacé par un travail plus ou moins profond. Parfois un peu rapide car, dans de nombreux cas, réalisée sans diagnostic préalable de l'état du sol, cette étape est plus ou moins longue mais toujours très inconfortable. En effet, travailler superficiellement le sol c'est toucher du doigt quelques intérêts de l'AC (portance, amélioration de la vie du sol...) mais également faire face à tous ces inconvénients : gestion des adventices (concentrées en surface), gestion de l'état de surface... Cette situation peut amener à reculer, à douter face à des situations à prise de risques forts.

Se doter d'indicateurs pour se rassurer

Les indicateurs qu'ils soient factuels ou subjectifs assurent d'être sur la bonne voie. Il est important de se raccrocher à

ses objectifs et donc de bien les définir en amont. Ces objectifs varient d'un système à l'autre, en fonction des conditions pédo-climatiques de chacun et de sa sensibilité : lutte contre l'érosion, gain de temps, gain de marges, défi agro-écologique, etc. Au-delà de la préservation du sol, l'AC impacte de nombreux postes d'un système. À chacun donc de suivre les indicateurs adaptés à son objectif.

L'expérience des pionniers

L'AC répond aujourd'hui aux nombreux enjeux agroécologiques de l'agriculture et en premier lieu celui du changement climatique. Sa mise en œuvre est complexe car elle demande une adaptation en profondeur du système. Mais le contexte actuel est favorable et des agriculteurs pionniers sont en capacité de témoigner de leurs expériences et de leurs parcours en AC.





Vincent Brulé

Le labour n'était pas une réponse

Seul sur 200 ha, des terrains difficiles à reprendre au printemps, des phénomènes d'érosion, une hétérogénéité de sols, le labour n'était pas une réponse chez moi. Je l'ai donc supprimé en 2005 et j'ai acheté un semoir SD en co-propriété. J'ai conservé un travail superficiel de préparation de semis jusqu'en 2016 où je considère que j'ai totalement mis en œuvre les 3 piliers de l'AC. Ces 10 années de TCS avec comme conséquence des problèmes de résistance sur ray-grass et vulpin et les mauvaises récoltes de 2016 liées aux conditions climatiques m'ont vraiment permis de passer à l'étape supérieure.

Le 1^{er} euro économisé c'est celui non dépensé

Face à des années compliquées comme 2016, on regarde ses marges de plus près en analysant ce qui fait le résultat. Je me suis aperçu que sur le rendement, je n'avais plus beaucoup de marge de manœuvre (le climat pouvant parfois être plus impactant), pour le prix de vente non plus (avec le stockage et mes stratégies de vente), je n'ai pas d'action sur les primes PAC, les charges opérationnelles sont déjà bien optimisées chez moi, restent les charges de structures avec pour seul moyen de les maîtriser : diminuer les charges fixes et investir le moins possible. Ce qui peut aussi se traduire par sortir le tracteur le moins souvent possible, car le 1^{er} euro économisé c'est d'abord celui qui n'est pas dépensé !

Vers la couverture permanente du sol

EARL La Morinière

Commune	Noyant Villages (49)
UTH	1 et 0,25 salarié pour les pics d'activités (moisson)
SAU	198 ha / Pas d'irrigation
Productions végétales	Blé tendre, blé améliorant, colza, seigle d'hiver, pois d'hiver, millet, féverole d'hiver, trèfle incarnat, sarrasin, tournesol
Type de sol	90 ha de limons argileux, 70 ha très argileux (> 45 % d'argile) et 40 ha de sable (argilo-calcaire superficiel, terres de falun)
Organisation	Matériel en Cuma / Stockage des céréales à la ferme / Stratégie de vente en circuits courts

Avoir un sol couvert en permanence

J'ai toujours eu une diversité de cultures (colza, blé, orge, triticale, pois, lupin...) mais avec peu de cultures de printemps du fait des sols superficiels et l'absence d'irrigation. Depuis que je suis en AC, j'envisage leur introduction comme cette année avec du tournesol. L'objectif est de mettre en place des couverts permanents sur l'ensemble de ma ferme notamment sous tournesol. Je trouve que l'implantation des couverts, particulièrement l'été, reste compliquée et onéreuse. Je crois donc beaucoup à la solution de la couverture permanente qui supprime les risques de non levée en été, et divise le coût du couvert par 2 ou 3 s'il peut être conservé sur cette période. J'ai pour le moment de belles réussites sur ce point. La question du glyphosate ? Je n'ai pas de réponse pour le moment mais j'y réfléchis comme beaucoup. Je regarde les substitutions possibles ou les moyens alternatifs pour réguler le couvert de légumineuses. En AC, il reste encore beaucoup de voies à explorer et c'est ce qui fait que mon métier est passionnant. On travaille avec du vivant, on doit s'adapter.

Propos recueillis par Virginie RIOU

PROaGRI
mes parcelles
l'accélérateur de performance

Défendez vos cultures
contre les maladies du blé avec
Optiprotect



Gain
de temps



Conseil



Rendement



Environnement



Rentabilité

Pôle Solutions numériques

☎ 02 53 46 60 60

www.pays-de-la-loire.services-proagri.fr



**AGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRE D'AGRICULTURE
PAYS DE LA LOIRE

ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

L'état des lieux sur le changement climatique

Incidences agricoles en région Pays de la Loire

Le changement climatique pour le monde agricole est déjà une réalité. Au travers d'indicateurs adaptés, les impacts du changement climatique peuvent être observés sur la précocité du maïs ou encore le rendement du blé. Ces changements sont sources de menaces, mais révèlent aussi des opportunités.

Le projet ORACLE, un observatoire pour comprendre

Le projet ORACLE est le 1^{er} outil à disposition de la recherche et du développement agricole capable de produire des indicateurs parlants sur le climat observé les 40 dernières années. Ces données permettent aux ingénieurs et conseillers de construire les nouvelles pratiques agricoles dans la région. L'étude porte sur les productions végétales (cultures annuelles et pérennes) ainsi que sur les productions animales. Elle a pour

but d'enrichir les connaissances sur le changement climatique et ses effets sur l'agriculture. Elle permet ainsi d'alimenter les réflexions et d'aboutir à des stratégies d'adaptation concrètes pour les agriculteurs.

Ces premiers résultats révèlent des tendances frappantes mais aussi de fortes variabilités qui impliquent à la fois, une adaptation sur le long terme, et imposent une réactivité pour absorber les variations importantes inter annuelles. Cela demande d'intégrer les notions de risque et de résilience pour les systèmes de culture proposés.



PLUS D'INFORMATION SUR LE PROJET ORACLE

[https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/publications/publications-des-pays-de-la-loire/energie-climat/> ORACLE 2018.](https://pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/publications/publications-des-pays-de-la-loire/energie-climat/>ORACLE%202018)

Blé : incidence de la température et du nombre de jours de gel

La culture de blé tendre représente 19,5 % de la SAU totale des Pays de la Loire. Le blé tendre est la première céréale produite dans la région (DRAAF 2017). Pour que les agriculteurs s'adaptent au changement climatique en cours, des leviers d'action doivent être développés afin de garantir la durabilité de la culture.

Une sensibilité à l'augmentation des températures

Une des faiblesses majeures du blé est sa sensibilité à l'échaudage thermique de l'épiaison à la maturité. Dès 25 °C, une diminution du nombre de grains peut être observée, ce qui aura un impact sur le rendement final. La température moyenne annuelle a augmenté de 1,5 °C entre 1971 et 2014 à Angers. Cette situation illustre la tendance globale des températures des Pays de la Loire. Toutefois, le réchauffement est plus marqué dans l'Est de notre région en raison de son caractère plus continental. Comme la température, le nombre de jours échaudants (température ≥ 25 °C entre le 01/05 et le 31/07) a augmenté. En projection on peut s'attendre à un doublement de ceux-ci d'ici 2030 (figure 1).

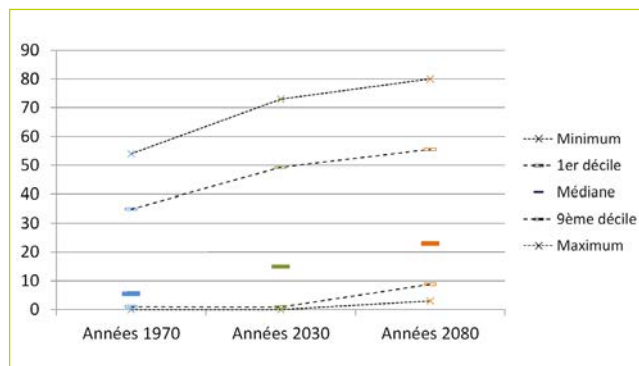


Figure 1 « évolution du nombre de jours échaudants »

L'augmentation des températures entraîne mécaniquement une hausse des cumuls degrés-jours (figure 2). Celle-ci contribue à l'accélération du développement du blé, le rendant plus fragile aux gelées hivernales tardives au stade épi 1 cm, ceci d'autant plus que le nombre de gelées fortes (< -5 °C) reste stable.

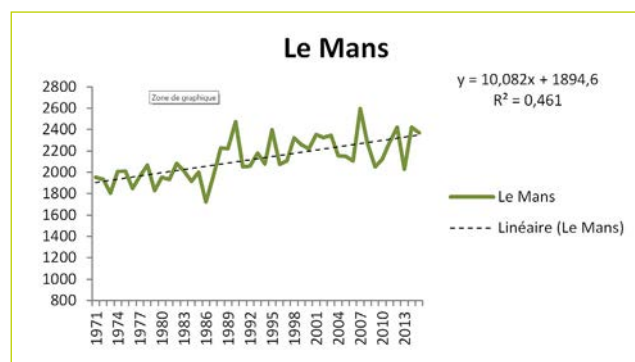


Figure 2 - Cumul degrés-jours de croissance du blé entre octobre et mai (Le Mans).

Les pistes étudiées

Pour répondre à l'évolution de la hausse des températures et à la diminution du nombre de jours de gel, plusieurs pistes sont à travailler.

En premier lieu, le choix variétal. Il est aujourd'hui crucial pour répondre à l'enjeu de l'agroécologie, ainsi que pour l'adaptation climatique. En sol peu profond, seront privilégiées des variétés précoces qui esquivent l'échaudage, alors qu'en sol profond ayant une bonne réserve hydrique, des variétés tardives pourront s'exprimer pleinement.

La culture de mélange céréales-protéagineux en grain a une meilleure résistance à l'augmentation des températures. Toutefois, cela nécessite d'avoir la capacité de trier à la récolte.

La réflexion sur le choix d'espèces avec des cycles plus en adéquation avec le risque de fortes températures constituera aussi une voie. L'orge pourrait répondre à cette problématique.

La plantation d'arbre dans les cultures, aussi appelée agroforesterie, permet de créer un microclimat plus chaud en hiver en limitant le vent et en diminuant le risque de gel. En été, ce microclimat permet de diminuer les risques d'échaudage du blé en régulant jusqu'à 2 °C en dessous de la température.

Maïs : une sensibilité à la disponibilité en eau

Quasiment 20 % de la production de maïs fourrager française est produite en Pays de la Loire. Pour que les agriculteurs s'adaptent au changement climatique en cours, des

leviers d'action doivent être développés afin de garantir la durabilité de la culture, mais surtout, l'approvisionnement en fourrage.

Une culture sensible aux évolutions climatiques

Le cycle du maïs est, entre autres, piloté par la température. La température moyenne annuelle augmente comme explicité précédemment. Comme pour le blé, les degrés jours disponibles sont favorables à la croissance du maïs, entraînant un raccourcissement des phases phénologiques (floraison plus précoce, phase de remplissage des grains plus courte). Si l'avancement du stade de floraison a un effet positif en limitant le risque de stress hydrique, a contrario, les températures plus élevées sont favorables à la pyrale de 1^{re} génération pour effectuer un cycle complet. À terme, ces températures pourraient être suffisantes au développement de la 2^e génération.



Du point de vue hydrique, le cumul saisonnier des précipitations de 1971 à 2014 est stable. Malgré une augmentation de l'évapotranspiration potentielle due à l'augmentation des températures et cette stagnation des précipitations, le déficit hydrique climatique saisonnier n'a pas évolué au cours des 44 dernières années. De la même manière, le nombre de jours en sécheresse du sol et le bilan hydrique de la période de sensibilité au stress hydrique du maïs apparaissent stables, mais cela masque des aléas importants qui ne se traduisent pas par une tendance significative mais ont des conséquences importantes (figure 3).

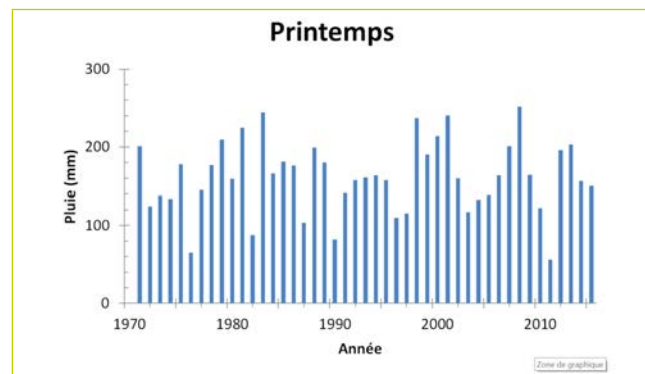


Figure 3 - Cumul des précipitations au printemps (Angers).

Pour le maïs, la phase de floraison (mi-juillet) est extrêmement sensible au stress hydrique. Un manque de précipitations durant cette période peut avoir des effets négatifs sur l'élaboration des grains, et donc sur les rendements. Sur la figure 4 ci-dessous, on observe en tendanciel une dégradation de la pluviométrie pour la station du Mans, l'amplitude



Figure 4 - des précipitations mensuelles (en mm) au Loroux Bottereau (44).

mini maxi progressive se réduit sur l'été. La traduction sera une sensibilité accrue de la région à des situations de déficits hydriques estivaux marqués.

Des pistes de substitutions au maïs

Si l'irrigation est une réponse pour pallier à l'augmentation des périodes de stress marquées, et pour permettre une sécurisation des productions, elle n'est pas unique et pas toujours possible. L'adaptation des rotations sera alors nécessaire. L'introduction de cultures moins gourmandes en eau fait partie des solutions avec la complexité de maintenir le niveau de productions fourragères en système d'élevage.

La substitution du maïs par le sorgho reste une piste d'actualité. En effet, le sorgho permet des rendements supérieurs

au maïs ensilage lors de fortes sécheresses car il valorise mieux l'eau disponible. Des travaux vont être entrepris sur le sorgho fourrage.

La substitution du maïs par un méteil est une adaptation envisageable pour la nutrition des bovins. Le mélange céréales-légumineuses est plus résistant à la sécheresse.

En élevage, la betterave fourragère (en quantité limitée dans la ration), résistante à la sécheresse, permet de compenser le manque de fourrage en fin d'été. Il s'agit d'un aliment frais, appétant et très riche en énergie, à distribuer ou à pâturer.

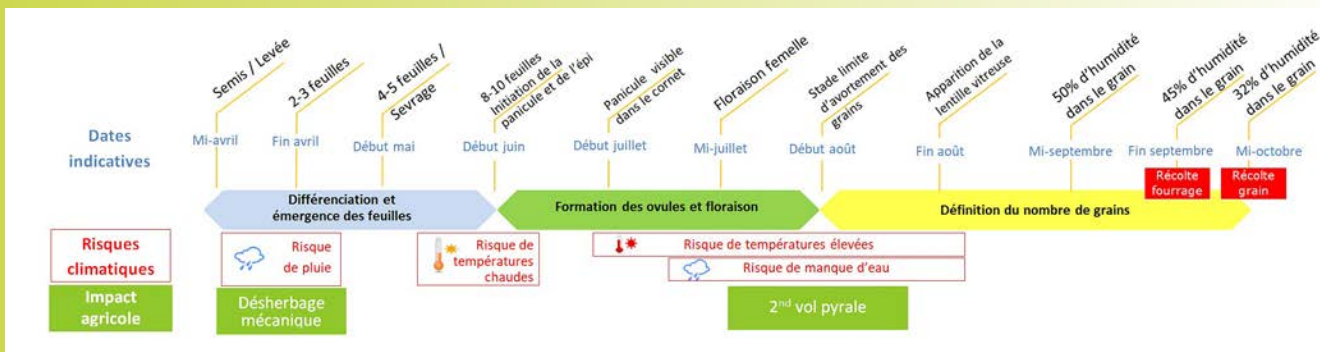
Sarah COLOMBIÉ
et Alain AIRIAUD

SYNTHÈSE SCHÉMATIQUE DES RISQUES PAR CULTURE

Le blé



Le maïs



PROAGRI

POUR VOUS. AUJOURD'HUI. ET DEMAIN

LARCA

Réalisez des
analyses pour
améliorer votre
**performance
technique
& économique**



“ Parce qu’une bonne connaissance de vos sols, effluents... est indispensable à la prise de décision, notre laboratoire d’analyses développe une gamme complète pour les productions animales et végétales. ”

☎ 02 43 28 65 86

larca@pl.chambagri.fr

www.pays-de-la-loire.services-proagri.fr



**AGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRE D'AGRICULTURE
PAYS DE LA LOIRE

OPTIMISATION DES INTRANTS

La pulvérisation et les innovations

L'association de la technologie du pulvérisateur et des critères de la cible

Depuis quelques années les innovations sur les pulvérisateurs sont orientées sur l'évolution de la conception des châssis, la suspension des essieux et la stabilité des rampes pour rendre les machines plus maniables et faciliter la conduite.

La circulation de la bouillie est revue pour réduire les volumes morts. En même temps, les commandes sont regroupées afin de les rendre plus ergonomiques et simples à l'utilisation, voir les automatiser.

La précision évolue. Le GPS s'associe aux régulations. L'ensemble se retrouve sur le terminal ISOBUS du tracteur. Les données sont ainsi tracées et enregistrées, et les rampes sont pilotées automatiquement.

Les dernières nouveautés concernent les régulations de la pression au niveau de la buse afin d'obtenir une application de qualité pour respecter deux facteurs essentiels.

La répartition des produits phytopharmaceutiques sur la cible

Ce point est conditionné à un choix raisonné des buses de pulvérisation qui dépend du volume de la bouillie épandu et de la vitesse de travail.

Il faut surtout regarder les caractéristiques de la buse. L'angle de pulvérisation est un élément déterminant. Des angles autour de 110 à 130° permettront une meilleure répartition horizontale du produit avec une hauteur de rampe la plus faible possible pour éviter la dérive. Passer d'une hauteur de rampe de 80 à 50 cm permet de diminuer la dérive de 50 % avec des buses classiques à fentes. Assistance de hauteur de rampe couplée au GPS, positionnement instantané de la rampe à la bonne hauteur, correcteur de dévers, anti-fouettement, sont des options proposées par les constructeurs qui peuvent améliorer la qualité de la répartition.

Les buses s'entretiennent. Les modèles à induction d'air se bouchent partiellement plus vite. L'usure est le 1^{er} facteur d'une répartition hétérogène, d'où l'importance du contrôle des buses lors des inspections techniques obligatoires des pulvérisateurs. Les nouvelles régulations de pression sur les pulvérisateurs (sélection de buses à commande automatique, débit régulé par une fréquence au niveau de la buse)

concourent à maintenir un spectre de gouttelettes homogène et régulier quelles que soient les variations de vitesse. La maîtrise de la taille des gouttelettes à une faible variation de pression entre 1,5 et 2,5 bars avec des buses classiques augmente la qualité de la répartition sur la plante. En diminuant la pression de 3 bars à 1,5 bar pour une buse classique, c'est 37 % de moins de dérive. L'emploi de buses à dérive limitée (chambre pastille) ou induction d'air renforce la vélocité des gouttes et améliore la répartition.

La quantité du dépôt de produit sur la cible

Une faible dose de produit suffit pour agir, mais encore faut-il que le produit atteigne la cible.

En pulvérisation, les gouttelettes sont très vulnérables. 10 % peuvent être évaporés avant d'atteindre la cible si des températures sont supérieures à 20 °C.

15 % disparaissent avec l'érosion éolienne une fois sur la plante, avant la pénétration du produit à cette même température. Sans oublier la dérive vue précédemment.

Une précision extrême d'application en pulvérisation, c'est avant tout la capacité d'obtenir en permanence le bon débit et la bonne taille des gouttelettes, et cela quelle que soit

la vitesse ou le besoin de la parcelle. L'objectif est de produire des gouttes de 300 microns. C'est une taille de goutte conforme pour être bien retenue par la plante et diminuer les pertes.

Les dernières innovations en pulvérisation le permettent. Il n'est plus nécessaire de descendre du tracteur pour adapter la bonne buse et de rouler à vitesse fixe. Le système à sélection de buses automatique choisira les bons jets en fonction de l'évolution de la vitesse pour maintenir une pression entre 1,5 et 2,5 bars avec une régulation DPAE ISOBUS. Mieux, programmer le diamètre de gouttes aujourd'hui c'est possible. Un actionneur asservi électriquement placé au niveau du porte-jets va ouvrir ou fermer la buse selon un cycle de fréquence (Pulse Width Modulation), et ainsi modifier le débit mais pas la pression. Avec ce dernier système, la coupure buse par buse par GPS est possible. Encore plus performant, la modulation de doses avec une pulvérisation localisée devient possible puisque la variation de débit peut être programmée à la buse. Ainsi les recommandations à l'utilisation des buses, aux modes d'action des produits, aux caractéristiques des plantes, peuvent être respectées et conduire à des réductions de doses certaines.

Gérard BESNIER





Le robot de pulvérisation

Une solution pour une application localisée

L'intérêt d'un robot de pulvérisation

Les robots proposés sur le marché aujourd'hui sont équipés principalement d'outils de désherbage mécanique. Pour l'instant, peu de constructeurs proposent des robots de pulvérisation dont le rôle est de réaliser des applications ciblées de produits phytosanitaires. En effet, l'objectif est de limiter l'utilisation des produits (réduction par 20 possible) en ne pulvérisant que sur la plante néfaste ou le lieu où se situe l'agresseur. Par rapport à une application en plein qui ciblera autant les plantes d'intérêt que les adventices, cela peut présenter une économie de 95 % de produit dans le cas d'un désherbage. Le bénéfice environnemental est très intéressant.

Technologie de pointe et enjeux

Le robot doit reconnaître la ou les plantes néfastes et les différencier des plantes d'intérêt. Pour cela une batterie de caméras photographie les plantes, les compare à une banque d'images (plus de 25 critères pris en compte : couleur, variante de teinte, contour de feuilles, taille...) et en synchronisation avec l'avancement de la machine, une buse sera mise en action pour pulvériser une micro dose sur un temps très bref. Une ouverture de jet couvrira moins de 20 cm² et attein-

dra ainsi des adventices détectées d'une taille minimum de 4 cm² voir moins. Par exemple, le robot de marque ECOROBOTIX est équipé d'une rampe de 52 buses pour travailler sur 2 mètres de largeur. La précision annoncée est de 95 % des adventices touchées. Le guidage est réalisé par le système GPS, GPS RTK GSM, et des caméras pour suivre les rangs de cultures, mais il peut se piloter manuellement avec une application sur Smartphone ou tablette pour son déplacement hors culture.

Actuellement, les robots de pulvérisation semblent être plus destinés aux cultures en ligne sarclée, et plus précisément aux cultures maraîchères. Ils travailleront en combinaison avec le désherbage mécanique interligne. Un intérêt majeur est de résoudre des impasses techniques face à des adventices résistantes nécessitant un produit phytosanitaire spécifique, et éviter une toxicité sur la culture en place.

Ces innovations technologiques ouvrent la voie à des perspectives nouvelles. Les grandes cultures sont également concernées avec notamment le transfert de la technologie de pulvérisation de précision utilisée avec les robots vers les pulvérisateurs. C'est le cas du pulvérisateur ARA de ECOROBOTIX.

Gérard BESNIER



Alexandre Fricaud

Alexandre, diplômé d'un BTS agricole, s'est installé en 2015. Il n'avait jamais eu l'occasion de participer à une formation pratique sur le thème de la pulvérisation, formation à laquelle il a participé en 2017.

Avant cette formation, comment avez-vous appris les fondements de la pulvérisation ?

Durant mon cursus scolaire, nous avons bien sûr eu l'occasion de voir le fonctionnement du pulvérisateur mais jamais en pratique sur le terrain comme lors de la formation. C'est d'ailleurs un gros manque, dans les formations scolaires, de ne pas voir plus en détail le fonctionnement de ce matériel qui est si important sur une exploitation agricole. C'est donc sur le tas, comme une grande majorité des agriculteurs, que j'ai appris à me servir de mon pulvérisateur.

Pourquoi avoir voulu participer à cette formation ?

Au moment de la formation, j'utilisais un pulvérisateur porté 1 800 l d'occasion. Mal équipé et vieillissant, ce matériel ne correspondait pas à ce que je souhaitais faire. Je voulais changer mes pratiques, diminuer les doses de produit et le volume de bouillie. Mais je ne savais pas quel matériel utiliser, ni quel volume de bouillie appliquer. Je fais partie d'un groupe culture de la Chambre d'agriculture depuis 2016 et c'est ma conseillère qui m'a parlé de cette formation.

Qualité de pulvérisation : une formation sur le terrain

Exploitation individuelle

Commune	Saint-Vincent-des-Landes (44)
SAU	170 ha
Productions végétales	Blé, colza, tournesol, maïs

Que vous a apporté la formation ?

Souhaitant diminuer le volume de bouillie, je voulais savoir quel calibre de buse je devais utiliser, mais surtout comprendre comment se fait ce choix pour être autonome. Le type de buse est également très important mais il en existe une telle offre sur le marché qu'il est difficile de s'y retrouver. Aujourd'hui, j'utilise un pulvérisateur récent en CUMA, trainé et d'une capacité de 3 200 l. Nous l'avons équipé de plusieurs jeux de buses nous permettant de réaliser une bonne qualité d'application en fonction du type de traitement que l'on veut faire. Trois autres agriculteurs utilisent également ce pulvérisateur. Et depuis ma participation à la formation, ils ont également changé leurs pratiques, notamment en diminuant les volumes de bouillie.

Quels sont les points forts de cette formation ?

Cette formation est très axée sur la technique et sur la pratique. Lors de la demi-journée sur le terrain, nous avons pu tester plusieurs buses sur des pulvérisateurs présents à la formation. Réalisés devant nous sur des papiers hydro-sensibles, ces tests sont très parlants et très intéressants, on voit tout de suite le résultat de la qualité de pulvérisation.

Propos recueillis par Alain AIRIAUD

OPTIMISATION DE L'IRRIGATION

Le profil de sol digital

Pour mieux appréhender l'efficacité de l'eau et la valorisation de la réserve hydrique

Le pénétromètre électronique s'avère être un outil pertinent pour dresser de façon fiable un bilan de l'état structural d'un sol à un instant donné et mieux anticiper l'efficacité de ses pratiques d'irrigation en lien avec la réserve hydrique.

La compaction du sol : ennemi de l'efficacité de l'eau

Le principal frein dans la valorisation du sol par une culture/ un couvert réside dans la compaction éventuelle du sol. Tous les systèmes de travail du sol sont concernés par cette problématique tant les facteurs sont multiples : passage pneumatique, texture de sol, répartition de la MO, conditions de ressuyage aux périodes de chantiers... Les conséquences de la compaction se traduisent par 2 contraintes majeures :

- la limitation de la prospection racinaire (cela est d'autant plus vrai que la durée d'enracinement est courte et l'espèce cultivée sensible aux aléas structuraux) qui réduira la valorisation de la Réserve Utile du sol ;
- l'infiltration de l'eau qui diminue entre les horizons du profil, limitant la recharge de la Réserve Utile et accentuant le risque de pertes par évaporation.

Des mesures précises et fiables de compaction sur 45 cm de profondeur

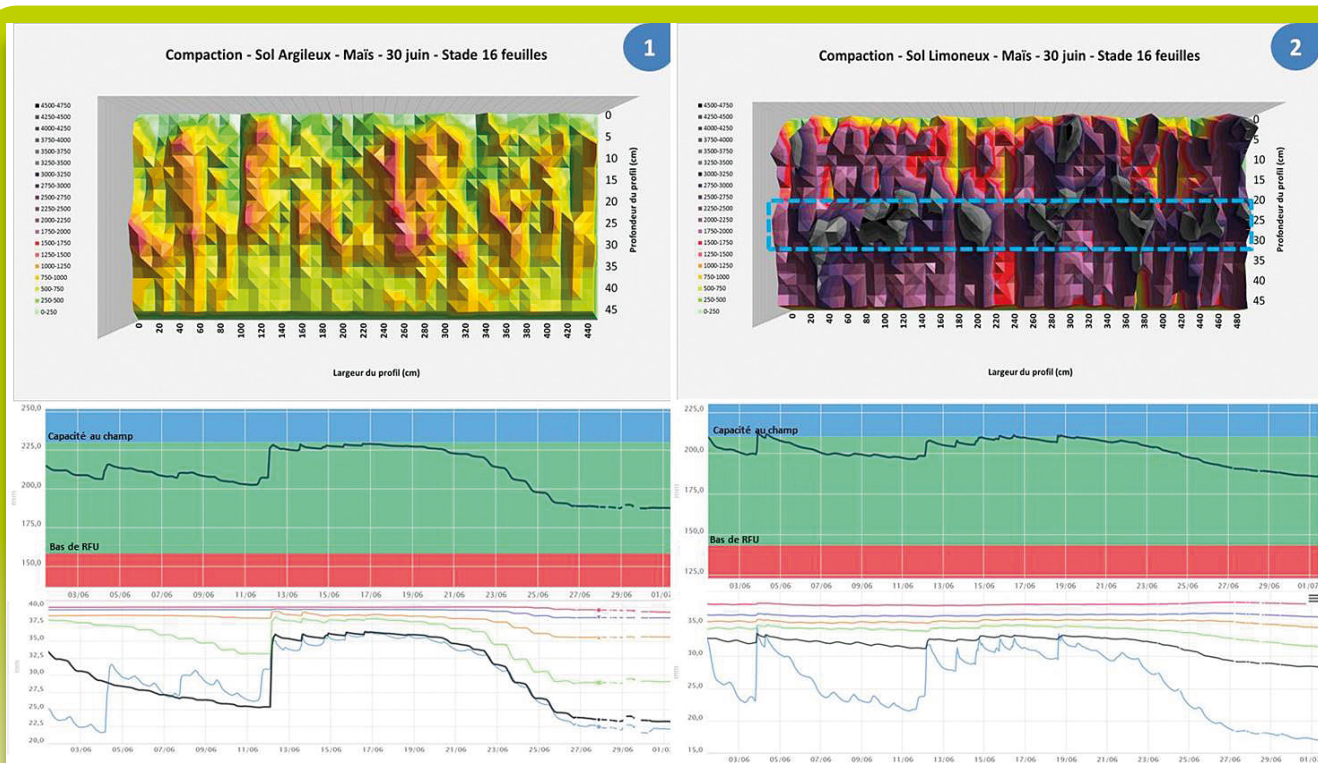
Le pénétromètre électronique mesure la compaction tous les 2,5 cm de profondeur en kPa/cm^2 ou N/cm^2 , ce qui a pour but d'apporter de vraies données chiffrées sur la compaction. Les données enregistrées automatiquement et mises en forme sur logiciel sont présentées sous forme de graphique 3D. La plage de mesures oscille entre 0 et 4750 kPa/cm^2 (de 0 à $47,5 \text{ kg/cm}^2$). À partir de $1750\text{-}2000 \text{ kPa/cm}^2$ la prospection racinaire tend à se limiter significativement, ce qui constitue une « valeur pivot » dans l'analyse. Le diagnostic de compaction est d'autant plus fiable que ce dernier est réalisé sur des sols proches de la capacité au champ, l'humidité étant un des facteurs prépondérants pouvant faire varier les valeurs post semis. Ce postulat s'appliquant de fait, la comparaison entre parcelles est donc éventuellement à pondérer.

Une mise en évidence de situations agronomiques diverses

Le rendu final pour l'agriculteur est un visuel explicite et concret des zones de compaction potentiellement présentes. Ce dernier peut être couplé éventuellement avec des mesures de sondes capacitatives dont les données de variations d'humidité complètent un peu plus l'analyse (voir schéma ci-dessous).

Mieux vaut de l'infiltration que de l'évaporation !

Comme mentionné au préalable, l'humidité du sol interfère sur la compaction du sol en la diminuant de façon temporaire ! L'exemple du schéma p.25 est issu d'une parcelle argilo limoneuse qui, naturellement, à tendance à se prendre en masse en phase de dessiccation.



Commentaires ① :

Très peu de compaction sur le profil avec des valeurs souvent comprises entre 250 et 1 000 kPa/cm². Pas de zones réellement plus denses que d'autres, y compris en fond de profil (40-45 cm) de profondeur. Cette situation agronomique favorable se traduit au niveau de la prospection racinaire grâce aux données de la sonde capacitative : variations d'humidité sur les 45 premiers centimètres avec des marches de consommation nettes !

Commentaires ② :

Profil dense dans sa globalité avec une valeur moyenne de compaction de l'ordre de 2 000-2 500 kPa/cm² (plus du double de la situation 1). En complément, une zone plus dense encore se distingue sur 20-30 cm, qui correspond dans le cas présent à la profondeur de labour. Situation agronomique délicate dont les données de la sonde capacitative traduisent une prospection racinaire faible : marches de consommation modestes sur les horizons 15 et 25 cm (courbes noire et verte).

La situation agronomique au 15 juin montre un sol déjà très compacté sur sa globalité avec un fond de profil très dense à partir de 25 cm ($> 3\ 500\ \text{kPa/cm}^2$). Le passage d'irrigation du 16 juin se traduit par une baisse de la compaction principalement sur les 20 premiers centimètres seulement (formation d'une couche de 20 cm saturée en eau). Il n'y a pas d'effet sur la compaction en-dessous de 20 cm : l'eau ne peut pas s'infiltrer. Ces éléments sont corroborés par l'analyse de la sonde capacitive située à proximité immédiate : manque cruel de prospection racinaire (marche de consommation) et un passage d'irrigation comptabilisé à seulement 50% de sa valeur enrouleur, le delta étant soumis à l'évaporation post apport !

Quelles conclusions et perspectives pour optimiser l'irrigation ?

L'agronomie est et restera le levier par excellence dans la valorisation de l'eau. L'accent doit être porté sur l'infiltration de l'eau (précipitation/irrigation) pour que chaque millimètre soit valorisable par la culture en place. Répartition de la MO, diminution des inter-rangs, télé-gonflage, techniques d'aspersion (taille gouttelettes), sont autant de points à travailler individuellement ou/et conjointement pour gagner en efficacité globale du potentiel sol/réserve en eau.

Éric FAURE





Olivier Lemarié

Optimiser toujours plus nos pratiques d'irrigation

EARL LEMARIÉ

Dans la Vallée de la Loire, comme partout ailleurs dans la région, l'irrigation est un élément essentiel dans la sécurisation des exploitations agricoles et dans la diversification des cultures. La ressource en eau a toujours été reconnue comme précieuse par le monde agricole et il convient d'optimiser toujours plus nos pratiques.

La stratégie d'irrigation

Ce qui compte avant de penser à irriguer, c'est déjà de s'assurer que l'enracinement est bon pour que la réserve hydrique soit bien valorisée. On ne sait jamais vraiment si le travail du sol est nécessaire, justifié ou suffisant pour faciliter l'enracinement et cela d'autant plus que les conditions climatiques et d'interventions sont souvent subies, accentuant des maistraquages en profondeur...

Le pénétromètre, un outil d'aide à la décision

Le pénétromètre digital apporte une réponse à un instant donné. Le rendu visuel, après la prise de mesures, est très parlant et précis. Ça permet de faire un diagnostic sérieux et de programmer un travail du sol en conséquence ; ça change du profil de sol classique. L'essai réalisé sur une de mes parcelles m'a surpris. A la vue du précédent (orge de printemps) et de l'anté-précédent (maïs semences) je m'attendais à trouver un fond de profil compacté, n'ayant pas pu labourer

Commune	Gennes-Val-de-Loire (49)
SAU	130 ha
Productions végétales	Grandes Cultures et cultures spécialisées : 50 ha de maïs semences, 7 ha d'échalions, 3,5 ha d'oignons porte graines, 5 ha de quinoa, 4 ha de concombre semences, 60,5 ha de céréales (BTH+orges). Place de l'irrigation dans l'exploitation : 54% de la surface en cultures spécialisées
Surface irrigable	128 ha, dont 70 ha : 100 % enrouleurs

en hiver 2019/2020. La réalité est tout autre : pas de trace de compaction ou de semelle en profondeur ; je vais donc pouvoir limiter le travail du sol en profondeur cet hiver !

Pour être complet dans la démarche, il faudrait pouvoir faire des mesures régulièrement en fonction des passages et interventions pour se rendre compte de l'impact des pratiques au fur et à mesure de la campagne. L'outil est prometteur et ouvre des voies de réflexions très intéressantes pour la valorisation de l'eau, et l'agronomie en général, avec un travail en parallèle à faire sur la largeur des voies et les pneumatiques.

Propos recueillis par Éric FAURE

PROAGRI

POUR VOUS. AUJOURD'HUI. ET DEMAIN

AGRICULTURE BIO



Suivi technique grandes cultures BIO

sécurisez votre système
de cultures dans toutes
ses dimensions

(fertilité des sols, biodiversité
fonctionnelle, adventices,
rendements).



- Accompagnement à la carte en fonction de vos besoins et objectifs.
- Ré-assurance terrain en saison avec tour de plaine et observations.
- Plan d'actions adapté à votre système de cultures : stratégie pluri-annuelle, variétés, assolement, itinéraires techniques, fertilité des sols.



Nos conseillers BIO sont à l'écoute de votre projet

☎ 02 41 18 60 50

www.pays-de-la-loire.services-proagri.fr



**AGRICULTURES
& TERRITOIRES**
CHAMBRE D'AGRICULTURE
PAYS DE LA LOIRE

SYSTÈME GRANDES CULTURES BIO



La co-conception de systèmes de cultures innovants sur les territoires

Pour des objectifs de réduction d'intrants, d'autonomie et d'efficacité économique

Ce projet est celui d'agriculteurs désireux de créer des références pertinentes, transposables sur leurs exploitations et diffusables à l'échelle d'un territoire car construites dans leur contexte pédoclimatique.

Ce projet a été initié par la mise à disposition d'une parcelle par l'un d'entre eux. Il s'est concrétisé par un essai système. Celui-ci a été construit à partir d'un travail de réflexion et de co-conception, mené par 8 agri-chercheurs Sarthois, et animé par la Chambre d'agriculture.

Une expérimentation collective pertinente

L'objectif de ce projet est d'observer sur le long terme les effets d'itinéraires techniques choisis sur la maîtrise des adventices et le maintien de la fertilité des sols en grandes cultures bio.

L'enjeu est d'autant plus important qu'il s'agit d'une parcelle dont le salissement en adventices (rumex et folle avoine) en fait un cas d'étude très pertinent.

Au niveau sol, l'essai est situé sur un sol de type limono-argileux sur sous-sol calcaire. La parcelle est homogène en terme de texture mais hétérogène en terme de profondeur (de 45 à 90 cm). Le sol présente une teneur en matières organiques de 2,9 %, un pH basique (7,3) et un déficit en azote minéralisable. Le sol est vivant du fait d'une forte biomasse microbienne et d'une bonne activité biologique associée.

Florence LETAILLER



Un travail de co-conception mené par 8 agri-chercheurs en Sarthe

Comment cela a commencé ?

Il y a 5 ans Guy Blanche, paysan boulanger en agriculture biologique depuis plus de 25 ans sur Conlie, a proposé à la Chambre d'agriculture de mettre à disposition une de ses parcelles de 2,5 ha. Son objectif était de contribuer à faire avancer la recherche en grandes cultures bio sur son département.

Une première réunion a ainsi été organisée avec d'autres agriculteurs intéressés par le projet, pour identifier ce qui pourrait être réalisé sur la parcelle. Le choix commun a été de s'orienter vers la construction d'un « essai système ». L'objectif recherché était d'évaluer les effets de pratiques culturales testées à l'échelle d'une rotation de cultures.

Le projet a effectivement débuté en janvier 2018, lors de la constitution d'un groupe de 8 agri-chercheurs issus du « groupe 30 000 » animé par la Chambre d'agriculture Pays de la Loire, en partenariat financier avec l'Agence de l'eau.

Comment l'essai s'est construit ?

L'essai a été construit selon une méthode participative. Les 8 agriculteurs ont pour cela été accompagnés au départ par Vincent Lefevre, agriculteur-chercheur, et ont appliqué la mé-

- Des profils différents
 - du jeune installé à l'agriculteur expérimenté,
 - de l'éleveur au céréalier,
 - du conventionnel au bio.
- Tous animés par la volonté de créer des références en grandes cultures bio en lien avec les enjeux
 - de protection des sols,
 - de réduction de l'empreinte carbone,
 - de maîtrise des coûts.
- Souhaitant tester des systèmes innovants en ABC (Agriculture Biologique de Conservation).

thode de co-conception des essais qu'il avait élaborée lors de sa thèse. Cette étape a impulsé une dynamique au groupe.

Des réunions complémentaires entre les 8 agriculteurs ont permis de définir les objectifs de l'essai et de proposer des systèmes de cultures pour y répondre. Des échanges avec des agriculteurs, des chercheurs, et la visite d'autres essais systèmes ont consolidé les choix de départ. Enfin, le soutien des membres du réseau RotaB (réseau essais systèmes bio coordonné par l'ITAB) a permis de proposer un dispositif expérimental pérenne de suivi et d'évaluation sur cette parcelle.

Florence LETAILLIEUR



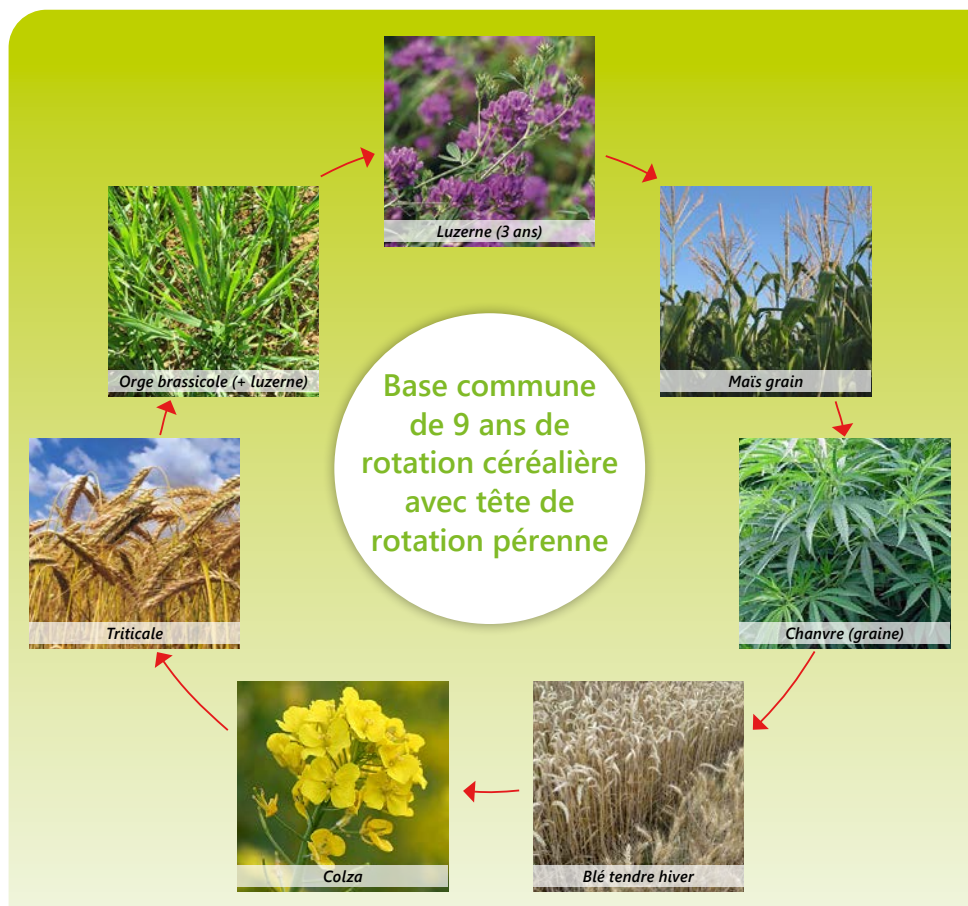
Les résultats attendus

Les attentes définies par le groupe pour cet essai sont :

- la pression en adventices ne doit pas impacter la culture en place,
- la fertilité du sol doit être augmentée,
- les marges dégagées par les systèmes de cultures doivent être intéressantes économiquement,
- le temps de travail doit être diminué.

Quatre systèmes de cultures ont été identifiés pour répondre à ces objectifs. Ils sont basés sur la même rotation de 9 ans.

Cette rotation intègre des cultures à plus-value rencontrées en Sarthe et pratiquées par les agriculteurs du groupe (voir figure ci-contre).



Deux systèmes sont en grandes cultures s'autorisant le labour : l'un, en lien avec un éleveur (CE) et l'autre sans (GC). Les deux autres systèmes sont en Agriculture Biologique de Conservation, avec (ABCE) ou sans lien avec un éleveur (ABC) (voir tableau 1).

Le lien avec l'éleveur se fera, par exemple, via des échanges de luzerne et de couverts valorisés en fourrage contre du fumier. Le système sans lien avec un éleveur utilisera quant à lui uniquement des effluents d'origine végétale (ex : compost de déchets verts).

L'idée est d'observer sur le long terme l'effet de ces deux types de fertilisants (animal et végétal) et des pratiques avec ou sans labour sur la fertilité des sols et la maîtrise des adventices. L'incidence économique et environnementale de ces quatre systèmes sera également suivie chaque année par le calcul d'indicateurs de rentabilité et d'efficacité de production.

Les suites données à ce projet

L'essai a démarré au printemps 2020. Il a pour vocation de durer 9 ans, l'échelle de la rotation identifiée.

Chaque année, 3 termes de la rotation seront présents sur la parcelle d'essai conduit sur trois blocs (voir tableau 2).

Tous les itinéraires techniques seront définis en amont par le groupe d'agri-chercheurs.

Les opérations culturales seront réalisées par les agriculteurs du secteur et le suivi par la Chambre d'agriculture.

Cet essai doit permettre de créer et diffuser des références locales et transposables sur la conduite de systèmes céréaliers bio.

Une parcelle d'essai attenante permettra de créer des références complémentaires qui orienteront le choix des itinéraires techniques de l'essai (ex : en 2021, essai couvert pour semis direct de maïs à suivre).

La volonté des agriculteurs du groupe est également de fédérer les acteurs d'un territoire autour de ce projet. Il pourrait servir ainsi, à terme, d'outil pédagogique pour l'enseignement. Situés à proximité d'une zone de captage en eau potable et d'une zone Natura 2000 à enjeu biodiversité, les systèmes testés et approuvés pourraient également servir de support de réflexion pour les agriculteurs en vue de limiter l'utilisation des produits phytosanitaires.

Florence LETAILLEUR

Tableau 1

S1 GC	S2 CE
Système céréalier pur : luzerne vendue ou broyée ; adventices gérées par des opérations mécaniques ; fertilité des sols gérée par l'achat de matières organiques exogène d'origine végétale (compost de déchets verts) et par la restitution des pailles et couverts au système.	Même système avec échanges avec un ou des éleveurs : luzerne et couverts valorisés en fourrage contre du fumier (pour gérer la fertilité du sol) ou pâturés pour maîtriser les adventices (et favoriser le tallage). Paille cédée contre des effluents d'origine animale (fientes poules pondeuses).
Labour autorisé maïs, si possible, pas en-dessous de 15 cm.	
S3 ABC	S4 ABCE
id S1	id S2
Labour non autorisé ; pratique des TCS, SD et/ou de la couverture permanente des sols en fonction des conditions ; binage pour contenir les couverts ; utilisation possible de strip Till, petit fissurateur et scalpeur ; mélanges d'espèces, semis et récoltes échelonnées ; rangs de couverts intercalés aux rangs de culture.	

Cadre des systèmes de cultures : ce qui est autorisé et ce qui ne l'est pas.

Tableau 2

année	Bloc 1	Bloc 3	Bloc 2
2020	OP + Luz	Chanvre	OP + luz
2021	Luz	Blé	Luz
2022	MG	Colza	Luz
2023	Chanvre	Triticale	MG
2024	Blé	OP + Luz	Chanvre
2025	Colza	Luz	Blé
2026	Triticale	Luz	Colza
2027	OP + luz	Luz	triticale
2028	Luz	MG	OP + luz
	Culture printemps	Culture été	Culture printemps tardive
		Culture pérenne	Culture automne /hiver

Successions culturales au sein des 3 blocs.



L'estimation de l'herbe valorisée au pâturage

HERBVALO, un outil simple pour un rendement précis

L'herbe réellement valorisée par les troupeaux au pâturage est méconnue car non mesurable directement. Cependant sa connaissance permet de fournir des éléments objectifs pour une meilleure prise en compte de la prairie dans les systèmes d'élevage. La méthode et l'outil Herbvalo ont été construits avec cet objectif.

Une initiative du RMT Prairies demain

L'outil Herbvalo a été créé en 2015-2016 dans le cadre des travaux du RMT Prairies Demain pour répondre à un objectif essentiel : afin d'améliorer la valorisation de la ressource en herbe par le pâturage, il était nécessaire de disposer d'un outil simple pour estimer l'herbe valorisée par les animaux au pâturage sans que l'éleveur ait à réaliser des mesures sur la prairie. La version initiale a été développée pour les vaches laitières puis adaptée pour les vaches allaitantes et les caprins laitiers (Delagarde et al., 2017). Une adaptation en ovins viande et en équins est actuellement en cours.

La méthode HerbValo

La méthode est basée sur un enregistrement précis à la parcelle, pour chaque cycle, des journées de pâturage (effectif troupeau \times temps de séjour) et d'une estimation simple mais robuste de

l'ingestion quotidienne moyenne du troupeau (version simplifiée du système des unités d'encombrement (UE) développé par l'INRA adaptée au pâturage). En cas de fauche, il faut estimer avec le plus de précision possible le rendement réalisé.

L'éleveur enregistre à chaque utilisation de la parcelle les événements nécessaires pour calculer les journées de pâturage (effectifs, dates) et pour calculer l'ingestion d'herbe (pression ou sévérité de pâturage, temps de présence journalier dans la parcelle, qualité de l'herbe pâturée, complémentation). Pour simplifier, sur un maximum de critères, les enregistrements sont limités à des choix de valeurs fixes dans une liste déroulante. L'éleveur dispose d'un guide de saisie pour renseigner les critères de pression de pâturage ou de qualité d'herbe.

Cette méthode simple permet le calcul quasi instantané de l'herbe valorisée sur une parcelle à chaque cycle d'exploitation. Le cumul de l'ensemble des cycles d'exploitation permet de

calculer le rendement valorisé annuel à l'hectare sur la parcelle concernée. Aucune mesure sur la prairie n'est nécessaire pour l'éleveur. De plus, les saisies sont réalisées à l'échelle de la parcelle. Cela n'oblige pas à saisir l'intégralité des événements de pâturage mais de pouvoir choisir de ne suivre que certaines parcelles.

Mettre un chiffre sur la valorisation au pâturage et orienter sa conduite

L'utilisation d'HerbValo fournit une base de réflexion pour les éleveurs et les conseillers. Elle permet de mettre en évidence des écarts de valorisation entre les parcelles de l'exploitation à associer à des pratiques différentes ou à un vieillissement de la parcelle, et de révéler des sous-valorisations et des gaspillages à certaines périodes de l'année. L'éleveur peut alors redéfinir le rôle et la place de chaque parcelle dans le système fourrager, adapter ses pratiques et sa conduite (chargement, fertilisation...). Les choix de rénovation peuvent ainsi être orientés selon un critère objectif de productivité.

Chiffrer le rendement au pâturage c'est aussi se donner confiance dans le potentiel des prairies.

Des nouvelles références et un développement web à venir

Les enregistrements se font actuellement sur des fiches papier et les calculs sont automatisés sous tableur Excel. Dans

le cadre du projet CASDAR HerbValo (2018-2022), l'outil sera développé et testé sous un format web/mobile sur le 1^{er} semestre 2021 pour être disponible pour la saison de pâturage 2022.

Des mesures de l'herbe valorisée ont été réalisées chez des éleveurs et en fermes expérimentales en 2018 et 2019. Ce sont plus de 400 parcelles réparties principalement sur 5 régions (Pays de la Loire, Bretagne, Normandie, Auvergne et Franche-Comté) qui ont été suivies pour constituer de nouvelles références sur l'herbe valorisée au pâturage, et enrichir et objectiver les conseils fournis aux éleveurs. Les résultats de ces travaux seront communiqués courant 2021. Les premiers résultats mettent en évidence une variabilité entre les parcelles d'une même exploitation, aussi, voire plus importante que la variabilité entre exploitations et entre régions prouvant ainsi les marges de progrès existants dans chaque exploitation. La figure 1 ci-dessous illustre cette variabilité sur une exploitation mayennaise avec des parcelles du circuit de pâturage des vaches laitières valorisées entre 5,4 et 14 tMS/ha (pour davantage de précisions sur la méthode : Delagarde R., Caillat H., Fortin J. (2017) HerbValo, une méthode pour estimer dans chaque parcelle la quantité d'herbe valorisée par les ruminants au pâturage, Fourrages 229, 55-61).

Stéphanie GUIBERT

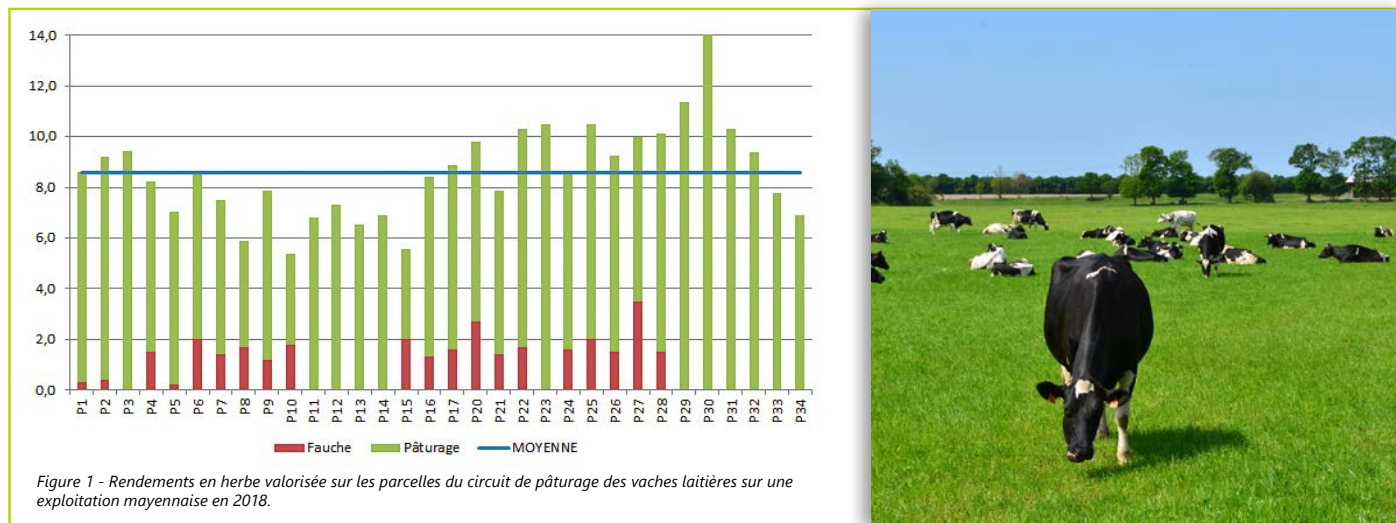


Figure 1 - Rendements en herbe valorisée sur les parcelles du circuit de pâturage des vaches laitières sur une exploitation mayennaise en 2018.



La pousse de l'herbe mesurée par satellite

HERDECT

Connaître la hauteur et la quantité d'herbe disponible sur une parcelle à partir de photos satellitaires pour ajuster le pilotage des prairies. Un modèle encore en cours de développement, mais prometteur.

L'herbe pâturée est l'aliment qui coûte le moins cher dans une ration. La bonne gestion de l'herbe passe, entre autres, par une connaissance des quantités disponibles. C'est ensuite l'adaptation du dispositif du système pâturant qui fera que l'on optimisera la ration herbe valorisée/herbe disponible.

En mesurant au moyen d'un herbomètre les hauteurs d'herbe disponibles chaque semaine, il est possible d'avoir une lecture de la biomasse disponible. Cependant, la difficulté reste le temps à consacrer pour une mesure fiable. Pour une exploitation avec une vingtaine de paddocks, il faut compter 3 heures. Très peu d'agriculteurs utilisent aujourd'hui l'herbomètre. Ils préfèrent une approche visuelle. Dans le cadre du projet HERDECT, l'Institut de l'élevage a piloté une enquête réalisée auprès de 60 éleveurs, pour identifier leurs contraintes et leurs attentes sur ce sujet. Les éleveurs enquêtés estiment consacrer en moyenne 2 mi-

minutes/ha/semaine (avec un minimum de 20 secondes et un maximum de 10 minutes/ha/semaine) à ces observations-évaluations des prairies.

Pourtant, comme le montre l'article précédent, l'optimisation du pâturage est la clé pour un niveau d'herbe valorisée élevé.

Une mesure satellitaire permet-elle d'obtenir des données fiables ?

Dans le cadre du projet, la méthode de travail a consisté à rapprocher des valeurs mesurées au sol avec des mesures de réflectance mesurées par le satellite. En utilisant la sélection d'indices la plus performante (environ 60 combinaisons considérées), nous arrivons à réaliser une prédiction de hauteur d'herbe. Le coefficient de corrélation (R^2) entre la hauteur d'herbe mesurée au sol et celle estimée par satellite

atteint 0,79 avec un RMSE de 1,53 cm. La construction des modèles repose sur des mesures au sol via l'herbomètre. En 2019, nous avons comparé les écarts-types des mesures herbomètre au sein des parcelles et celle du satellite. L'écart-type des mesures satellite est plus faible que celui des mesures réalisées au sol (tableau ci-dessous).

	X-ET	X	X+ET
Valeurs mesurées (herbomètre)	5,8	8,7	11,5
Valeurs estimées (satellite)	8,3	9,9	11,5

Comparaison de l'écart type des deux techniques de mesure.

Le modèle HERDECT est encore en phase de développement. Il a été expérimenté au printemps 2020 auprès d'éleveurs. Les résultats sont prometteurs : la figure 1 met en évidence la corrélation des hauteurs estimées par satellite et mesurées sur le terrain pour une parcelle en pâturage à Derval (44).

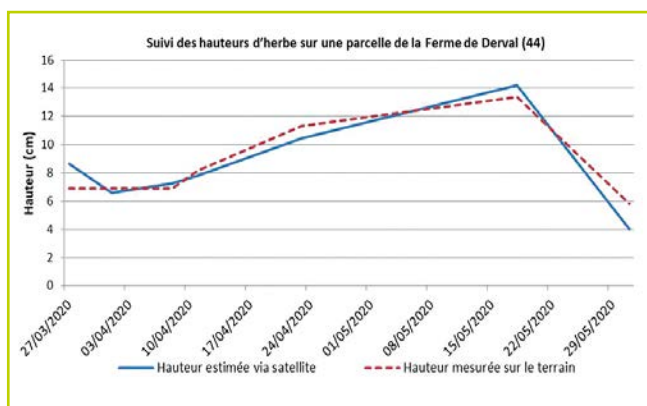


Figure 1 - Mise en perspective des données terrain et satellite au printemps 2020 d'une parcelle de pâturage sur la Ferme de Derval (44).

Un outil intéressant, mais sensible à la couverture nuageuse

La prise de clichés est assurée par deux satellites nommés Sentinel 2A et 2B. Ils passent régulièrement au même endroit, tous les cinq jours, en balayant des couloirs parallèles. Pour la ferme de Derval, sur la période du 1^{er} mars au 31 mai, il y a eu 40 images de prises. La récurrence moyenne est donc de 2-3 jours. Cependant, seulement 10 images ont pu être valorisées. C'est le point faible de l'outil. Pour y répondre, la réflexion se tourne vers une modélisation de la

pousse de l'herbe en valorisant de la météo radar. Cette voie permettrait d'alterner une mesure calculée par des valeurs indirectes et des mesures « directes via le satellite ».

De la recherche et développement à l'usage terrain

La perspective pour les éleveurs est l'intégration de ce type de mesures dans des outils d'aide au pilotage de la prairie. Ces derniers sont généralement couplés à des indicateurs comme la biomasse disponible pour le troupeau, le nombre de jours d'avance. L'objectif est d'intégrer les mesures satellite dans un OAD à l'horizon 2022.

Les partenaires du projet

Le projet HERDECT a démarré en 2017. Cette étude bénéficie d'un financement Casdar (le programme du ministère de l'Agriculture pour favoriser le développement agricole et rural). En plus de la Chambre d'agriculture Pays de la Loire et de l'Institut de l'élevage, différents partenaires sont impliqués : les Chambres d'agriculture de Normandie, Bretagne et Charente-Maritime, l'Inrae, Agrocampus Ouest et les fermes expérimentales de La Blanche-Maison (Manche), Trévarez (Finistère), Derval (Loire-Atlantique), Thorigné d'Anjou (Maine-et-Loire) et Theix (Puy-de-Dôme).

Le « groupe prairies »



L'ÉCHO DES PRAIRIES : VALORISER L'HERBE AU FIL DE L'ANNÉE

L'équipe prairie de la Chambre d'agriculture Pays de la Loire déploiera en mars 2021 L'Écho des prairies, un bulletin pour diffuser une information complète et gratuite sur l'actualité des prairies.

Vous y trouverez l'actualité des prairies avec nos conseils du moment, le **Bulletin pousse de l'herbe***, des articles techniques et l'agenda des événements à venir sur le thème de la prairie et des fourrages.

*Qu'est-ce que le Bulletin pousse de l'herbe ?

Le bulletin Pousse de l'herbe vous donne des repères chaque semaine pour améliorer la gestion du pâturage et l'entretien des prairies. Il s'appuie sur des mesures hebdomadaires à l'herbomètre réalisées dans les parcelles pâturées de 30 exploitations de la région pour vous permettre de suivre l'évolution de la pousse au printemps et à l'automne. Une nouvelle version vous est proposée depuis début 2021.

Abonnez-vous à L'Écho des prairies :

www.pays-de-la-loire.chambres-agriculture.fr/Innovation-R&D/Prairie/Bulletins_tech/Pousse_de_l'herbe





48
ACTIONS pour
l'EAU



LOIRE ATLANTIQUE

■ Centre-Atlantique
02 53 46 60 00
centreatlantique@pl.chambagri.fr

■ Ouest-Atlantique
02 53 46 60 01
ouestatlantique@pl.chambagri.fr

■ Pays d'Ancenis
02 53 46 60 01
paysdancenis@pl.chambagri.fr

■ Pays de Retz
02 53 46 60 01
paysderetz@pl.chambagri.fr

■ Pays du Castelbriantais et de Redon
02 53 46 60 01
castelbriantaisredon@pl.chambagri.fr

■ Vignoble nantais
02 53 46 60 01
vignoblenantais@pl.chambagri.fr

MAYENNE

■ Mayenne Nord-Ouest
02 43 67 36 67
nord-ouest-mayenne@pl.chambagri.fr

■ Mayenne Nord-Est
02 43 67 37 11
nord-est-mayenne@pl.chambagri.fr

■ Mayenne Sud
02 43 67 38 75
sud-mayenne@pl.chambagri.fr

■ Coevrons
02 43 67 36 55
coevrons@pl.chambagri.fr

■ Laval-Loiron
02 43 67 37 03
laval-loiron@pl.chambagri.fr

SARTHE

■ Nord-Sarthe
02 43 39 62 10
nordsarthe@pl.chambagri.fr

■ Perche
02 43 39 62 00
perche@pl.chambagri.fr

■ Vallée-de-la-Sarthe/Le Mans Métropole
02 43 39 62 15
valleedelasarthe@pl.chambagri.fr

■ Vallée-du-Loir
02 43 39 61 90
valleeduloir@pl.chambagri.fr

MAINE ET LOIRE

■ Angers-Confluences
02 41 96 75 71
angersconfluences@pl.chambagri.fr

■ Baugeois-Vallée
02 41 96 76 50
baugeois-vallee@pl.chambagri.fr

■ Layon-Saumurois
02 41 96 75 20
layon-saumurois@pl.chambagri.fr

■ Mauges
02 41 96 77 00
mauges@pl.chambagri.fr

■ Segréen
02 41 96 76 20
segreen@pl.chambagri.fr

VENDÉE

■ Vendée-Centre
02 51 36 81 61
vendeecentre@pl.chambagri.fr

■ Vendée-Est
02 51 36 84 76
vendeeest@pl.chambagri.fr

■ Vendée-Nord
02 51 36 83 20
vendeenord@pl.chambagri.fr

■ Vendée-Ouest
02 51 36 84 76
vendeeouest@pl.chambagri.fr

■ Vendée-Sud
02 51 36 81 56
vendeesud@pl.chambagri.fr