



Les cahiers de l'agro-écologie

**Retour sur deux ans d'essais
des fermes du réseau Agr'eau
Adour-Garonne**



Édition
2021

Préambule

L'agriculture conduite pendant plus d'un demi-siècle a atteint ses limites, sur fond de changement climatique, de raréfaction des ressources et de pression sociétale. La transition vers des systèmes plus résilients et plus autonomes (moins dépendants des intrants) est amorcée. Elle repose notamment sur la couverture végétale des sols: une couverture horizontale (cultures et couverts d'intercultures, prairies) et verticale (arbres, arbustes...). C'est en générant de la connaissance à partir du terrain, par la mobilisation collective des agriculteurs, que nous y parviendrons. La priorité doit être donnée à l'innovation, à l'expérimentation, l'acquisition de références et le transfert de connaissances.

De nombreux agriculteurs, seuls ou en collectifs, ont déjà adopté des pratiques qui suivent des objectifs de durabilité (agro-foresterie, couverts végétaux, réduction du travail du sol, intégration polyculture-élevage...). Afin de capitaliser l'information, permettre des retours d'expériences, accélérer une transformation en profondeur du modèle agricole qui soit réaliste et sécurisante pour les agriculteurs, le programme Agr'eau œuvre depuis 2013 à promouvoir ces pratiques en regroupant les acteurs agricoles impliqués dans une démarche collective de progrès pour maximiser la couverture végétale. Le programme est historiquement engagé dans le Sud-Ouest de la France (bassin hydrographique Adour-Garonne – un quart du territoire métropolitain).

Des activités d'expérimentation et de recherche appliquée sont menées avec et pour les agriculteurs du réseau, afin de capitaliser et transférer ces savoirs et savoir-faire paysans.

Les dynamiques participatives permettent d'identifier des leviers répondant aux objectifs communs des agriculteurs du réseau :

- diminution du travail du sol ;
- réduction de la dépendance aux intrants ;
- augmentation des rendements ;
- résilience face aux aléas climatiques ;
- adaptation à la demande sociétale (agro-écologie AB, produits sans résidus de pesticides, etc.) ;
- adaptation à la réglementation (PNPP¹, phytos, épandage, etc.).

*Générer la
connaissance
à partir
du terrain*

¹ Préparations Naturelles Peu Préoccupantes. http://www.confederationpaysanne.fr/mc_nos_positions.php?mc=824&PHPSESSID=0nrvr929b2ev2l0mrmqpvtmop3



© Association Française d'Agroforesterie

La démarche Agr'eau permet de rendre visible les pratiques agro-écologiques et novatrices des agriculteurs et de favoriser les échanges techniques.

La force du réseau réside dans la diversité des fermes, des systèmes (grandes cultures, élevages, maraîchage, viticulture...), des territoires, des conditions pédoclimatiques. La démarche préconise une pédagogie par l'exemple, consolidée par une coopération avec des programmes de recherche engagés sur la thématique (BAG'AGES, Mycoagra, etc.).

Le présent document restitue les résultats de deux années d'essais collectifs au champ, menés par les agriculteurs pilotes du réseau.

*La démarche
permet de
rendre visibles
les pratiques
novatrices*

Table des matières

Introduction	6
1. Présentation du programme Agr'eau	6
2. Objectifs des campagnes d'essais menées en 2019 et 2020	7
3. Présentation des 9 fermes expérimentales	7
4. Les objectifs des Cahiers Agr'eau	8
1 Expérimentation d'intrants alternatifs : les biostimulants	9
1. Tests d'enrobage avec des produits à effet biostimulant	9
Enrobage sec sur semences de lin	10
Enrobage sec sur semences de soja	12
Comparaison de plusieurs biostimulants en enrobage	14
2. Tests de produits biostimulants en pulvérisation foliaire sur méteil blé/féverole	25
Essai sur un large éventail de biostimulants achetés ou autoproduits	25
Essai de produits commerciaux Rézomes® et Plocher®	31
3. Tests de produits biostimulants liquides autoproduits	32
Le thé de compost oxygéné (TCO)	34
Les hydrolysats protéiques : les acides aminés solubles (AAS)	43
4. Essai de silice comme fongicide sur culture de blé tendre	50
5. Essai de sucre sur maïs en foliaire	53
2 Couverts et associations de cultures	56
1. Essais collectifs d'implantation de couverts d'été avant moisson	56
Essais 2019	57
Essais 2020	62
2. Trouver des couverts d'été adaptés à l'agriculture biologique de conservation	66
3. Associer des plantes pour l'implantation d'une luzernière	68
4. Associer des plantes avec le maïs pour limiter l'usage d'herbicides	69
3 Techniques de semis	71
1. Diminuer l'écartement du soja pour limiter les adventices	71
2. Augmenter la densité du maïs en semis direct sous couvert	73
3. Strip-till rotatif dans une prairie permanente	74
4 Génétique végétale : essais variétaux de maïs en SCV	76

5 Optimisation de l'élevage 79

1. Le Pâturage Tournant

Dynamique en Nouvelle-Aquitaine:
synthèse de l'étude des systèmes
en polyculture élevage herbager
innovants (SPEHI) 79

Objectifs et définition du Pâturage
Tournant Dynamique 80
Contexte de l'étude 80
Résultats de l'étude 81
Conclusions de l'étude d'Innov-Eco² 85

2. L'élevage régénératif:

un nouveau regard sur les herbivores 85

Pâtrer sévèrement pour maximiser
la production d'herbe 86
Pratiquer le pâturage non sélectif
à haute densité 87
Laisser un temps de repos plus long
à la prairie 88
Réserver une partie du parcellaire
à la production d'un stock sur pied 88
Apporter des compléments
de façon raisonnée 88
Regrouper et planifier les vêlages
au printemps 89
Adapter la génétique de son cheptel 90
Réintégrer l'arbre dans le système 90

Conclusions	92
Remerciements	93
Table des figures	94
Table des tableaux	98

Introduction

1. Présentation du programme Agr'eau

Le réseau Agr'eau réunit près de 200 fermes innovantes et 25 structures de développement, dans un programme d'animation territoriale, d'acquisition de références techniques et de transfert des connaissances. [Agr'eau](#) encourage une démarche de progrès transversale, collective, ouverte à tous les agriculteurs et toutes les agricultures. Son objectif prioritaire est une amélioration des pratiques agricoles en faveur de la ressource en eau – en termes quantitatifs et qualitatifs – à l'échelle des différents bassins hydrographiques français.

© Association Française d'Agroforesterie

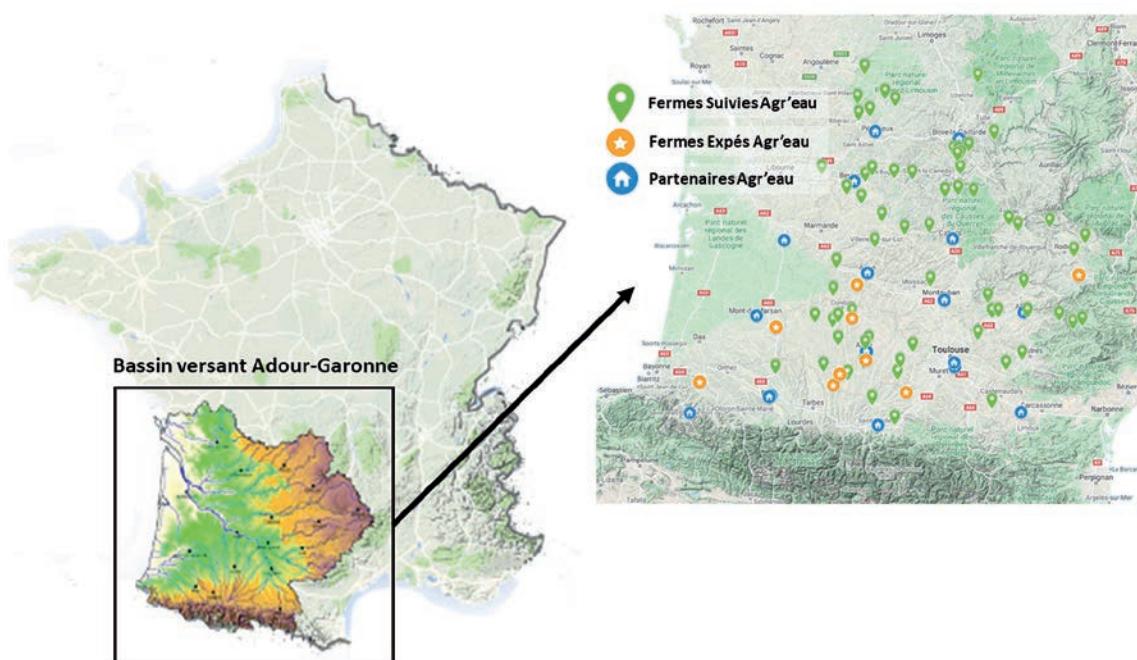


FIGURE 1 Carte du bassin versant Adour-Garonne et des structures participantes du programme Agr'eau.

Le réseau Agr'eau Adour-Garonne est constitué de: **100 fermes suivies** (référentiel d'analyse des performances technico-économiques), **60 fermes pilotes** (qui mènent des essais collectivement) et **9 fermes expérimentales** (Figure 1). Ces dernières sont accompagnées par l'équipe technique en charge du programme Agr'eau, afin de tester les pratiques identifiées comme les plus innovantes par le réseau, et mesurer leurs résultats technico-économiques.

© Association Française d'Agroforesterie



FIGURE 2
Visite technique au champ

2. Objectifs des campagnes d'essais menées en 2019 et 2020

Les essais menés dans le cadre du programme Agr'eau et détaillés dans ce document ont pour but de tester des pratiques pouvant être adoptées par un grand nombre d'agriculteurs. L'objectif général de ces essais est d'améliorer les résultats économiques et agro-environnementaux des fermes via la maximisation de la production de biomasse (couverts végétaux, ligneux, etc.), la diminution du travail du sol (semis simplifié, non labour, etc.) et la diminution des intrants chimiques (diversification des cultures, utilisation de biostimulants, etc.).

Nous partons du principe que ces pratiques agro-écologiques sont vertueuses, elles permettent d'assurer la durabilité et la résilience des systèmes agricoles (en améliorant la fertilité du sol et la marge nette de l'exploitant) tout en limitant les pollutions diffuses (MES et résidus de phytos dans les eaux, etc.), en plus des nombreuses externalités positives qu'elles génèrent (augmentation de la biodiversité, paysages agréables, etc.).

3. Présentation des 9 fermes expérimentales

Les 9 fermes expérimentales sont réparties dans différents contextes pédoclimatiques du bassin Adour-Garonne avec des systèmes variés (taille de l'exploitation, productions, assOLEMENT, débouchés commerciaux, nombre d'UTH, etc.). Elles sont représentatives de la diversité agricole du Sud-Ouest. Ces 9 fermes ont fait l'objet d'un appel à manifestation d'intérêt sur l'ensemble du réseau Agr'eau en fin d'année 2018 et d'un vote par les membres du comité de pilotage. Les agriculteurs sélectionnés se sont engagés à consacrer le temps nécessaire à la mise en œuvre de ces essais et à assurer le transfert des résultats.

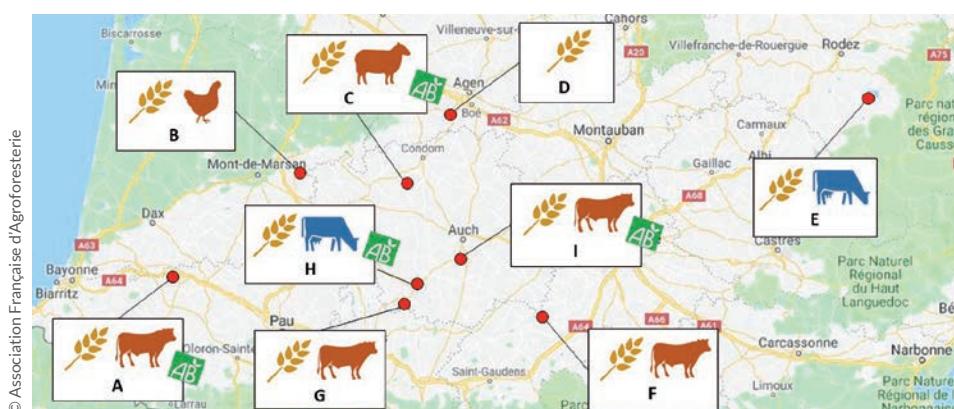


FIGURE 3
Carte localisant les 9 fermes expérimentales du réseau Agr'eau Adour-Garonne.
En marron les productions viande, en bleu les laitières

ID	Département	Pluvio. (mm)	SAU (ha)	UTH	Productions	Bio
A	64 – Pyr. Atl.	1600	100	2	Cultures Bovins viande	Oui
B	40 - Landes	800	90	2	Cultures Volailles	Non
C	32 - Gers	650	85	1,5	Cultures Ovins viande	Oui
D	47 - Lot et Garonne	740	117	1,1	Cultures	Conversion
E	12 - Aveyron	950	75	1	Cultures Bovins lait	Non
F	31 - Haute Garonne	740	193	2	Cultures Bovins viande	Non
G	32 - Gers	650	108	2	Cultures Bovins viande	Non
H	32 - Gers	650	230	3	Cultures Bovins lait et viande	Oui
I	32 - Gers	770	110	4	Cultures Bovins viande	Oui

TABLEAU 1
Récapitulatif des caractéristiques des 9 fermes expérimentales

Pour plus d'informations concernant les fermes expérimentales et d'autres fermes du programme Agr'eau, vous pouvez consulter les [fiches fermes](#) sur le site internet de l'Association Française d'Agroforesterie (agroforesterie.fr) ou du programme Agr'eau (agreau.fr).

4. Les objectifs des Cahiers Agr'eau

L'objectif des « Cahiers » est de présenter les retours des expérimentations collectives menées depuis le début de l'année 2019 afin d'encourager d'autres agriculteurs et structures techniques à tester ces pratiques.

Ces cahiers réunissent 5 grands thèmes, identifiés comme prioritaires par les agriculteurs : **fertilisation, couverts végétaux, techniques de semis, génétique végétale et pratiques d'élevage durable**.

Une convergence de ces thèmes est conseillée pour que chaque pratique exprime son plein potentiel agro-écologique. Par exemple, les fertilisants indiqués dans la section « Fertilisation » seront particulièrement efficaces si les couverts végétaux et la diminution du travail du sol sont également pratiqués. En d'autres termes, **il n'existe pas une solution mais un ensemble d'actions menant à des systèmes durables**.

La thématique « Gestion des adventices et des ravageurs » n'a pas été traitée directement dans ces cahiers. Elle relève plutôt de la nutrition végétale et des bonnes pratiques agro-écologiques en général, qui sont des préalables pour cultiver des plantes saines et donner aux cultures les capacités de se défendre et de s'adapter.

Les résultats d'expérimentation présentés dans ce cahier ont été obtenus dans un contexte spécifique à un moment donné et ne peuvent être considérés comme des vérités générales.

1

Expérimentation d'intrants alternatifs : les biostimulants

Réduire au maximum l'usage d'engrais de synthèse et de produits phytosanitaires, jusqu'à atteindre l'autonomie sur la ferme, est un axe de progression de première importance afin de diminuer les charges (le prix général des intrants agricoles a subi une hausse de plus de 30% depuis 2005²) et de réduire l'impact environnemental des activités agricoles (eau, biodiversité, GES, ressources non renouvelables, etc.). La diminution de l'usage des produits phytosanitaires ne doit pas se faire au détriment des rendements (en général de 25 à 40% plus bas pour les fermes en agriculture biologique en grandes cultures³). La recherche et la fabrication d'engrais d'origine organique et à bas coûts sont donc primordiales. C'est dans ce contexte que l'utilisation de biostimulants a été étudiée.

Les biostimulants sont des substances ou micro-organismes qui stimulent la nutrition des plantes et du sol, dans le but d'améliorer :

- l'utilisation par les plantes des éléments nutritifs disponibles ;
- la tolérance des plantes aux stress abiotiques (pluviométrie, température, etc.) ;
- l'activité microbienne du sol.

Dans ce chapitre sont présentés les essais et les recherches menés sur ce sujet. L'objectif est de déterminer, parmi les produits testés, lesquels sont les plus efficaces, et leur mode d'utilisation associé.

1. Tests d'enrobage avec des produits à effet biostimulant

L'enrobage semble une méthode intéressante pour améliorer la croissance des plantes dès leurs premières phases de développement. Le principe est d'envelopper les graines avec des éléments nutritifs et stimulants, pour accélérer leur germination et le début de leur développement. Cette technique permet d'apporter un avantage à la culture de façon ciblée, sans que les adventices ne puissent en bénéficier. Bien que les fertilisations « starter » classiques (type 14-48 ou 18-46) visent le même objectif, il s'agit d'une part d'engrais minéraux de synthèse nécessitant d'importantes quantités d'énergies fossiles pour leur production, et d'autre part les semoirs ne sont pas tous équipés pour la fertilisation localisée. L'enrobage de semences pourrait jouer le même rôle : aider à l'établissement et à la croissance précoce de la culture.

² Données AGRESTE, indice IPAMPA regroupant : semences et plants, énergie et lubrifiants, engrains et amendements, produits de protection des cultures, aliments animaux, petit outillage, entretien et réparations, services vétérinaires et frais généraux.

³ Comparing the yields of organic and conventional agriculture, V. Seufert, N. Ramankutty, J. A. Foley Nature 485 (7397): 229-32, April 2012 https://www.researchgate.net/publication/224846705_Comparing_the_yields_of_organic_and_conventional_agriculture

Enrobage sec sur semences de lin

Contexte: Culture de lin bio cultivé en TCS sur la ferme C (Gers). Sol argilo-calcaire assez superficiel à 1,6 % MO.

Hypothèse a) Un enrobage à base de produits organiques permet un effet « boost » sur la culture de lin bio. b) Le même enrobage additionné de mycorhizes⁴ a un effet positif encore supérieur.

Objectif: Trouver des ingrédients de provenance organique permettant d'augmenter la vigueur du lin dès le début de son développement (temps de germination plus court, rapidité de développement et de recouvrement).

Plan expérimental: Deux modalités ont été testées sur des îlots de 5 hectares attenants ; la mise en place de plus petites surfaces avec répétitions n'était pas réalisable. Pour la 1^{re} modalité, nous avons enrobé 110 kg de graines de lin (dose pour 1 ha) avec 2 kg de poudre d'algues (6 €/kg), 1 kg de corne moulue (8,5 €/kg), 1 kg de sang séché (8,5 €/kg) et 1 kg de farine de crevette (5 €/kg). Pour la 2^e modalité, 1 kg de spores de champignons mycorhiziens (Micosat F SEMI⁵, 50 €/kg) a été ajouté aux 3 produits précédemment cités. Ces modalités ont été comparées à un témoin non enrobé.



FIGURE 4
Produits utilisés pour l'enrobage des graines de lin

FIGURE 5
Mélange de produits avec les graines de lin avant semis

Itinéraire technique: Les modalités ont été gérées selon un itinéraire identique : un déchaufrage fin novembre, puis 2 passages de vibroculteur (janvier et février), un jour avant le semis du lin à 110 kg/ha. L'enrobage et le semis ont eu lieu le même jour. La récolte a eu lieu le 27/08 et les rendements ont été comparés afin de mesurer l'impact économique de ces produits pour la culture de lin en bio.

Résultats et interprétations: Les résultats économiques de chaque modalité sont résumés dans le tableau 2, en prenant 1,2€/kg comme prix de vente de référence pour le lin.

Seule la 1^{re} modalité (sans mycorhize) a dépassé le témoin en rendement, de 41 kg/ha. En revanche, la deuxième modalité, avec mycorhizes en plus, obtient le rendement le plus faible. Deux explications nous apparaissent plausibles. La première est l'hétérogénéité parcellaire que nous avons pu constater : différents comportements intra et inter parcellaires (salissement, réserve utile, état sanitaire des plantes). La deuxième explication serait celle selon

⁴ La mycorhize est l'association symbiotique entre un champignon et une plante. Grâce à leurs échanges mutuels, la plante donne des composés carbonés qu'elle a synthétisé et le champignon donne des éléments qu'il a dissous et prélevé dans le milieu. Cette relation est devenue indispensable pour la vie et le développement de nombreux végétaux.

⁵ Mycorhizes en poudre utilisées : <http://www.micosat.it/prodotto/micosat-semi/>

laquelle les cultures ont un cortège de micro-organismes qui leur est particulièrement bénéfique⁶. L'apport de mycorhizes exogènes a pu bouleverser le cortège – ou en tout cas il ne s'agit pas du cortège optimal pour le lin – ayant pour conséquence une baisse de rendement.

Les enrobages sans mycorhizes augmentent les charges de 34€/ha et les revenus de 49€/ha, permettant d'obtenir une meilleure marge nette, mais seulement de 15€/ha. Avec les mycorhizes en plus il faut compter 84€/ha supplémentaires, représentant alors un coût additionnel de 34 %. Il semble difficile de rentabiliser le mélange avec ces mycorhizes, cette option semble ainsi peu prometteuse. Cependant d'autres essais sont nécessaires avec d'autres produits similaires, sur plusieurs années, pour confirmer ce résultat.

Analyse économique par hectare	Témoin	1. Enrobé	2. Enrobé + mycorhizes
Charges travail du sol + semences	209	209	209
Charges moisson	100	100	100
Algues, cornes, sang, crevettes		34	34
Mycorhizes			50
TOTAL CHARGES (€/ha)	 309	 343	 393
Rendement (kg/ha)	815	856	776
TOTAL REVENUS (€/ha)	 978	 1027	 931
MARGE BRUTE (€/ha)	 669	 684	 538

TABLEAU 2
Analyse économique de l'essai d'enrobage sec sur lin

Les produits d'enrobage, comme tout type d'intrant, doivent avoir un effet significatif et un coût raisonnable pour réellement améliorer la marge de l'agriculteur.



FIGURE 6
Parcelle de lin 2 mois après semis (29/04)

FIGURE 7
Parcelle de lin 3 mois après semis (28/05)

⁶ Des travaux d'Agronutrition consistant à suivre les rendements et les cortèges microbiens associés aux différentes cultures dans différents contextes ont montré que, pour chaque espèce testée, les meilleurs résultats étaient systématiquement associés à un cortège microbial très proche voire identique.

Enrobage sec sur semences de soja

Contexte: Culture de soja non irrigué cultivé en SD sur la ferme F (Haute-Garonne) sur sol argilo-calcaire avec en moyenne 1,9% de MO.

Hypothèse: L'enrobage de graines avec des produits organiques permet d'obtenir des rendements plus importants que le seul inoculum commercial (*Bradyrhizobium japonicum*).

Objectif: Déterminer le produit le plus efficace, qui augmente la production et la marge brute.

Plan expérimental: Plusieurs enrobages ont été testés (bandes de 0,5ha) et comparés à l'inoculum commercial classique pour la culture de soja: du soufre élémentaire à 40 kg/ha, des algues en poudre à 10 kg/ha et des acides humique et fulvique Humifirst® à 4 L/ha. Un témoin sans enrobage ni inoculant avait aussi été prévu mais il n'a pas pu être récolté.

Itinéraire technique: Le soja a été semé en direct sous couvert le 16/05 avec 60 cm d'écartement et 500 000 graines/ha. Deux applications d'herbicides ont été réalisées, avec 2,5 L/ha de glyphosate le 26/04 et 1 L/ha de Pulsar® le 20/06.



FIGURE 8 Schéma de l'essai enrobage sur soja. À gauche les différences de relief, à droite les modalités

Résultats et interprétations: Comme on peut le constater sur le graphique page suivante, l'essai présentant les meilleurs résultats est celui avec de l'inoculum classique. Cependant, bien que les essais avec les algues et le soufre aient des résultats plus faibles, l'écart n'est pas significatif. Seul l'essai avec l'Humifirst® présente une marge brute inférieure aux autres. L'absence de résultat pour le témoin non enrobé et non inoculé empêche malheureusement de tirer une conclusion sur l'efficacité des enrobages. **Les algues et le soufre semblent avoir un meilleur effet que les acides humique et fulvique (Humifirst®) mais la modalité inoculée obtient le meilleur résultat.** Les essais avec enrobage n'ayant pas été inoculés, il serait intéressant de réaliser à nouveau cette expérimentation avec des essais d'enrobages associés à de l'inoculant classique (*Bradyrhizobium japonicum*).

Enrobant	Inoculant	Soufre	Algues	Humifirst®
Quantité	1 dose	40 kg/ha	10 kg/ha	4 L/ha
Prix unit. €/un.	20.0 €	0.6 €	3.8 €	2.4 €
Prix total €/ha	20.0 €	24.0 €	38.4 €	9.4 €

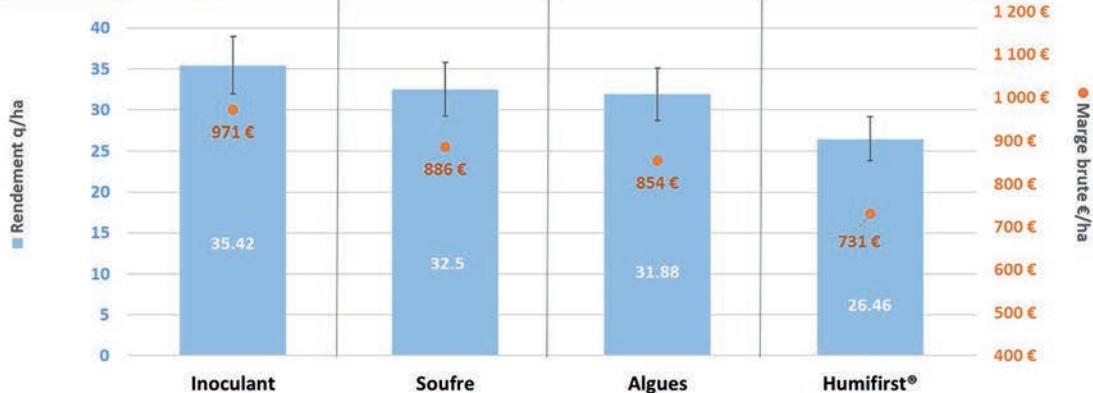


FIGURE 9 Analyse économique de l'essai d'enrobage sec sur graines de soja

Lors de la mise en place de cette expérimentation, il est ressorti que **l'utilisation seule d'enrobages secs n'est pas pratique**. Les produits ne se collent pas aux graines. Ils peuvent sédimerter dans la trémie du semoir, ou être perdus si on utilise un semoir à système pneumatique. La meilleure solution serait donc d'utiliser des produits liquides, ou d'appliquer des produits secs après avoir enduit les graines d'un produit liquide tel que les algues liquides, les hydrolysats protéiques, le thé de compost oxygéné, l'acide humique, le lait, la mélasse diluée, etc.

© Association Française d'Agroforesterie



FIGURE 10
Mélange à la main
des graines avec
les enrobants

FIGURE 11
Soufre perdu lors
du semis car pulvérisé
par le semoir

Comparaison de plusieurs biostimulants en enrobage

Que ce soit sur blé, tournesol ou maïs, nous avons mené au préalable des essais en pots, avant d'éventuels essais au champ.

Contexte: Les premiers essais d'enrobage de semences et les résultats obtenus nous ont permis de sélectionner 4 produits. Nous avons pour cela réalisé un test en pot pour vérifier l'effet des produits et leurs doses efficaces.

Hypothèses: a) En augmentant la dose, nous augmentons l'effet (vigueur de départ, vitesse de développement). b) Les mélanges de produits permettent une meilleure croissance.

Objectif: Déterminer le ou les produits ayant les meilleurs résultats (productivité, praticité, coût) et déterminer la meilleure dose.

SUR BLÉ

• Produits liquides

Les biostimulants liquides ont de nombreuses applications possibles: en enrobage de semences, en localisé dans la ligne de semis, en foliaire, en fertirrigation, etc.



FIGURE 12
Nombreux mélanges de biostimulants liquides en enrobage sur blé

Plan expérimental: Les essais ont été réalisés le 25/07 dans des gobelets avec un substrat (sable) et un nombre égal de grains de blé. 18 mélanges ont été testés, avec 4 dosages différents (équivalent 1L, 2L, 3L et 4L/ha). 4 témoins sans produits ont également été mis en place, avec un équivalent d'eau. Dans cet essai, nous avons observé par la suite l'importance de l'opacité des pots utilisés. En effet, les UV changent le tropisme des racines et perturbent leur bon développement. Ainsi, l'utilisation de pots translucides influent l'expérimentation. Ce paramètre ne doit pas être sous-estimé : si vous faites vos propres essais en pots (recommandé avant de se lancer dans des essais au champ), pensez à utiliser des pots opaques !

Les biomasses aériennes ont ensuite été coupées et pesées 11 jours plus tard, soit le 06/08, afin d'identifier les mélanges les plus intéressants.

Résultats et interprétations: Le tableau 3 ci-dessous liste les 7 meilleurs mélanges et dosages, avec leurs coûts d'enrobage associés en équivalent/ha:

Les 7 meilleurs mélanges et doses	Diff / témoin	€/L	€/ha
Algues Phylgreen® (4L/ha)	303%	10.25 €	41.00 €
AAS neutralisé avec Na (3L/ha)	300%	2.50 €	7.50 €
Thé de compost (3L/ha)	278%	0.03 €	0.09 €
Algues Phylgreen® + AAS neutralisé avec Humifirst® (1L/ha)	230%	6.38 €	6.38 €
Algues Phylgreen® + AAS neutralisé avec Na (4L/ha)	226%	6.38 €	25.50 €
Humifirst + Algues Phylgreen® (1L/ha)	223%	6.38 €	6.38 €
Humifirst® (4L/ha)	223%	2.50 €	10.00 €

TABLEAU 3 Les 7 mélanges et doses de biostimulants ayant donné les meilleurs résultats en enrobage de semences

Les produits ayant montré les meilleurs résultats sont les mélanges contenant des algues (produit commercial Phylgreen®) et de l'hydrolysat de soja autoproduit (AAS) dont le pH a été neutralisé (ramené autour de 7), soit au bicarbonate de soude (Na), soit avec de l'acide humique (produit commercial Humifirst® – attention non utilisable en AB). Il semblerait que le thé de compost oxygéné (TCO) autoproduit ait aussi un intérêt en enrobage. On peut noter que, parmi les produits les plus efficaces, le TCO est celui avec le rapport coût/production le plus intéressant.

Afin d'étudier l'effet de l'enrobage sur la repousse, les essais ont été conduits pendant 6 jours supplémentaires, puis la biomasse aérienne a été coupée et pesée à nouveau. Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Mélanges (moyenne sur tous les dosages)	Biomasse au 06/08 (g)	Repousse au 12/08 (g)
Humifirst® / Algues PhylGreen®	33	6.7
AAS neutralisé avec Na	30.1	6.8
PhylGreen®	28.2	4.4
Humifirst®	27.6	7
PhylGreen® / AAS neutralisé avec Humifirst®	27.2	6.3
Acides aminés Delfan Plus®	24.8	7.4
Algues PhylGreen® + AAS neutralisé avec Na	23.3	7.3
EM Dherzé®	22.9	6.6
Témoin	12.5	1.2

TABLEAU 4

Repousses pour chaque mélange, moyenne sur toutes les doses

On constate à nouveau l'intérêt des hydrolysats protéiques, des algues et de l'acide humique. Ces résultats préliminaires ont été complétés par des essais au champ sur les fermes expérimentales, et vous sont présentés dans les pages suivantes.

Méthode d'évaluation et de discrimination des produits testés

1. Essai en pot avec mesures d'indicateurs. Exemple: longueur des feuilles, nombre de tiges, taux de germination, biomasse aérienne, biomasse racinaire, etc.

2. Centralisation des résultats et attribution de notes. Nous avons défini trois critères, tous ayant la même importance et avons attribué une note de la manière suivante:

- **Performance technique:** cette note est issue des résultats obtenus lorsque l'on isole chaque produit. On classe les produits en fonction de leurs résultats techniques (indicateurs cités précédemment) et on garde les 10 premiers. Une note de 0 à 10 leur est attribuée en fonction de leur position.

- **Coût (€/ha):** cette note de 0 à 10 permet de juger le produit uniquement sur son coût unitaire. La note est calculée grâce à la détermination de la droite de formule $y=ax+b$. Ainsi, le produit ayant le coût le plus faible obtient 10 points et inversement, le produit au coût le plus élevé n'obtient aucun point.

- **Praticité:** cette note de 0 à 10 tient compte du temps nécessaire à la mise en œuvre (enrobage, etc.), du coût de l'installation (bétonnière, cuve TCO, vis, etc.), de la facilité à se fournir les produits, etc. Le témoin sans traitement obtient 10 points et plus on rajoute de complexité moins le produit a de points. Exemple:

10: aucun besoin de matériel et/ou de temps de préparation

8/9: très peu d'impact sur le matériel et le temps déjà mobilisés par ailleurs (rajout d'un produit dans le pulvérisateur par exemple)

6/7: mobilisation de temps supplémentaire, avec du matériel déjà présent sur la ferme

4/5: nécessité de se former et/ou d'acheter du matériel

2/3: nécessité d'investissements coûteux

0/1: besoin de repenser l'atelier

3. Comparaison multicritères: la dernière étape consiste à faire la moyenne des 3 notes et à classer les produits selon celle-ci. En fonction des attentes et besoins, il est possible de pondérer la moyenne en affectant des coefficients pour donner plus ou moins d'importance à un critère.

● Produits liquides et solides

Plan expérimental: Pour conserver la densité de semis au champ nous avons travaillé avec 25 grains de blé par modalité. Le test de germination réalisé en parallèle a donné d'excellents résultats, de l'ordre de 93,5 %. Quatre produits et quatre doses de produits ont été testés et ont été mis en place tel que le présente le tableau suivant:

	Dose1 (2L/q)	Dose2 (4L/q)	Témoin (0L/q)	Dose3 (6L/q)	Dose4 (8L/q)
Mélasse seule (75% et 25%H2O)	P1D1	P1D2	T1	P1D3	P1D4
Algues en poudre + Mélasse (75% et 25%H2O)	P2D1	P2D2	T2	P2D3	P2D4
Extrait de compost (origine : lombricompost)	P3D1	P3D2		P3D3	P3D4
Acides Humiques et Acides Fulviques (AHAF)	P4D1	P4D2		P4D3	P4D4

TABLEAU 5

Modalités de l'essai en pot d'enrobages de semences de blé

Toutes les modalités ont reçu les mêmes traitements durant l'essai: lumière, arrosage, etc. Différentes mesures ont été effectuées: densité, hauteur maximale, nombre de talles, nombre de feuilles. A partir de ces indicateurs, nous avons réalisé une note composite allant de 0 à 10, prenant en compte ces indicateurs. Chaque valeur est ramenée à cette échelle selon la droite d'équation $y=ax+b$ ⁷. Selon notre hypothèse, les plants présentant une note élevée sont ceux ayant le plus de biomasse aérienne (haute, avec talles et feuilles nombreuses), avec un avantage concurrentiel face aux adventices, un des principaux effets recherchés.

Résultats et interprétations: Les mesures de la hauteur maximale des plants nous révèlent assez peu de différences entre modalités. Les témoins non traités se placent relativement bien par rapport aux modalités enrobées, quelle que soit la dose.

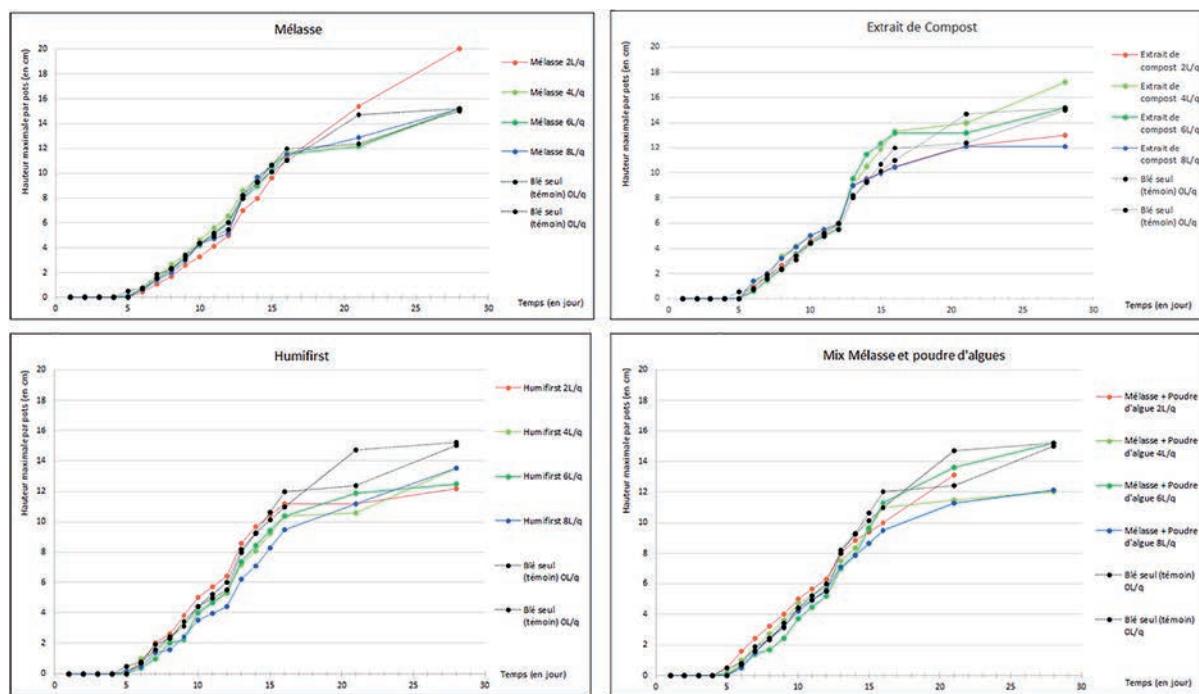


FIGURE 13 Evolution des hauteurs de plants au cours du temps en fonction du produit biostimulant et de la dose utilisés en enrobage sur grains de blé. Essai en pot.

⁷ La formule du tableau étant :

=PENTE(0:10;min(var):max(var))*Mesure+ORDONNEE.ORIGINE(0:10;min(var):max(var))

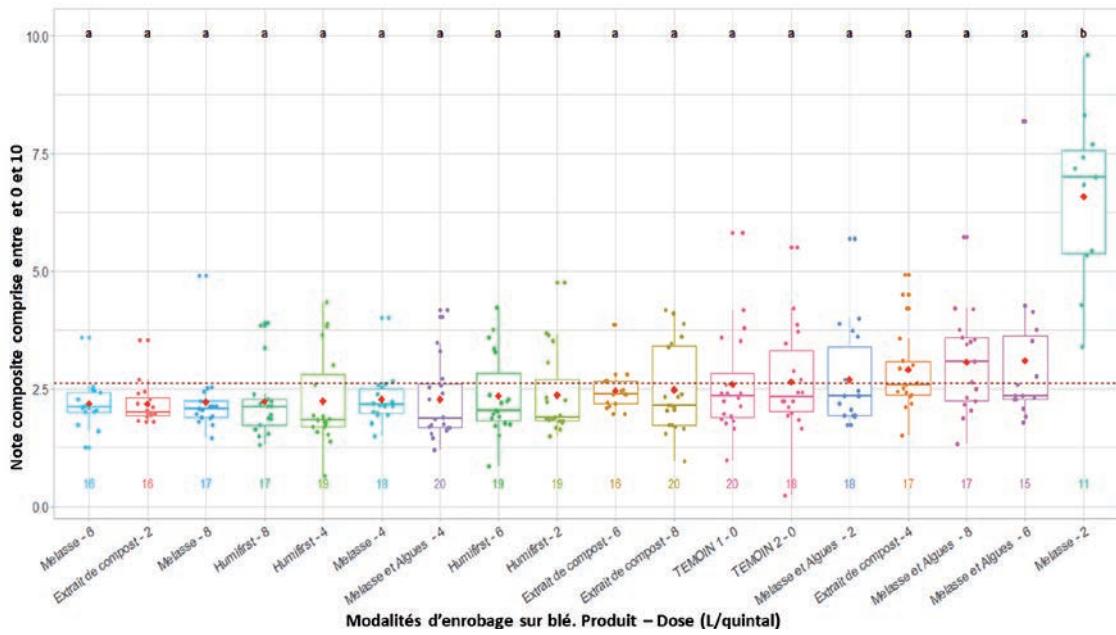


FIGURE 14

Résultats finaux de l'essai en pots de différents biostimulants (produits et doses) en enrobage de semences de blé. Si deux modalités partagent une même lettre, alors elles ne sont statistiquement pas différentes, et inversement, si deux modalités n'ont aucune lettre en commun alors elles sont statistiquement différentes.

La figure 14 (box plot) résume le résultat des notes composites obtenues, à partir des mesures faites au 28^e jour après le semis. Les plots sont classés selon la moyenne obtenue. Sur les 16 modalités traitées, 11 présentent des résultats inférieurs aux témoins, et seulement 4 d'entre elles montrent des résultats améliorants, parmi lesquelles une seule, la mélasse à 2L/quintal de semences, a un résultat statistiquement supérieur. Globalement, les modalités Mélasse et Algues à 2 L/q, 6 L/q et 8 L/q et, Extrait de compost à 4 L/q et Mélasse seule à 2 L/q semblent avoir un effet bénéfique. En revanche, l'Humifirst® utilisé dans ces conditions, semble avoir un effet dépréciatif sur le développement des plants.

SUR TOURNESOL

Plan expérimental: 7 produits ont été testés en pur et en mélange à deux doses (1 et 2 L/quintal), conduisant à 25 modalités. Toutes les plantules ont été prélevées et pesées 12 jours après semis. Les résultats sont présentés ci-après.

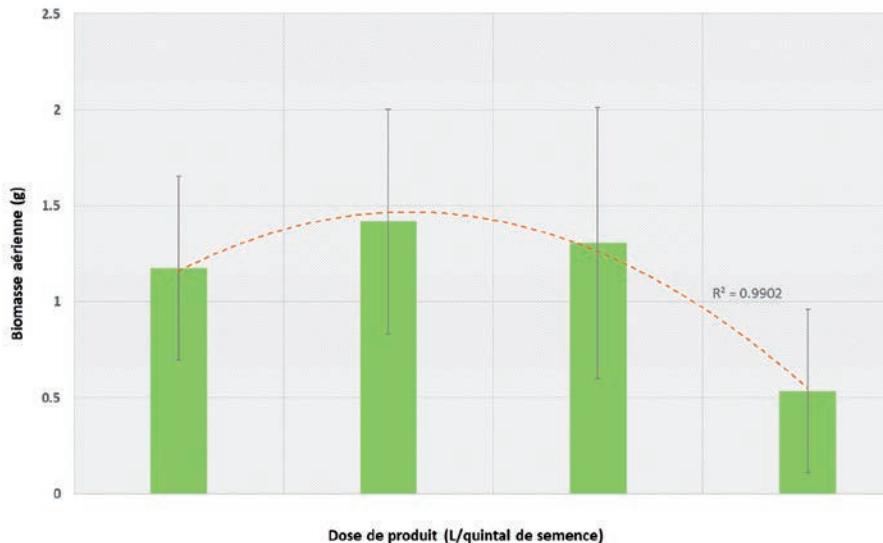


FIGURE 15

Influence de la dose sur la biomasse aérienne des plants, tous biostimulants confondus en enrobage sur tournesol

Résultats et interprétations: Bien que les résultats n'aient révélé aucun effet des produits apportés, il semble que l'on puisse tout de même en tirer des réflexions intéressantes. Lorsque l'on prend toutes les modalités en considération et que l'on s'intéresse uniquement à la dose apportée, il semble que plus on augmente la dose, plus les effets sont dépressifs. Comment l'expliquer ? Les doses ne sont pas élevées et l'hypothèse de sur-salinité au contact de la graine semble peu probable. Des essais complémentaires doivent être conduits pour évaluer l'effet de plus fortes doses (difficiles à appliquer sur des graines à coque).

SUR MAÏS

- En pot

Plan expérimental: Les 7 produits du tableau suivant ont été testés sur un maïs hybride bio demi-tardif. Chaque modalité a reçu 2,5 kg de produit par quintal de semence et toutes les modalités ont ensuite reçu le même traitement (ensoleillement et arrosage).

MODALITÉS	
1	AHAF+ALGUES
2	AHAF
3	MIX (AHAF + LUZERNE + ALGUES + GUANO + ARGILE + LITHOTAME)
4	TÉMOIN
5	MÉLASSE
6	FPJ LUZERNE *
7	MÉLASSE + AUXINES

TABLEAU 6

Modalités des essais en pots d'enrobage sur semences de maïs

* FPJ : voir note en bas de page suivante

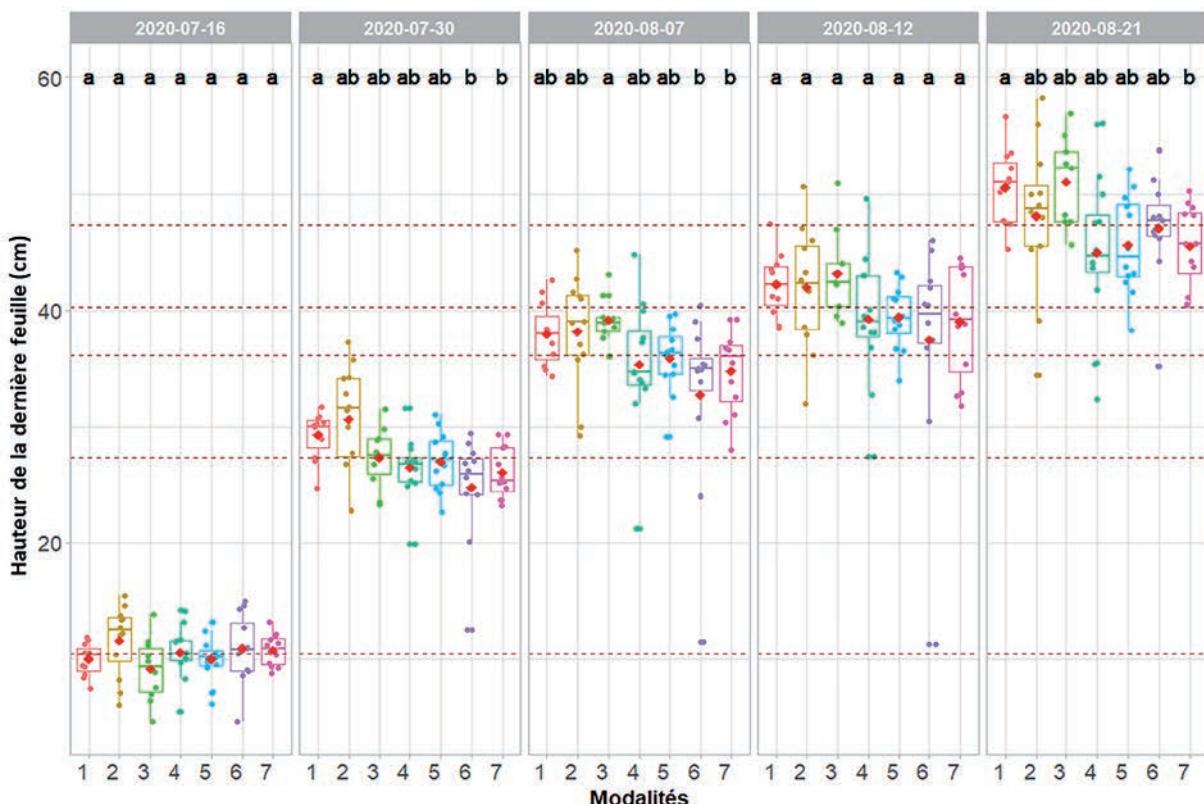


FIGURE 16

Evolution de la hauteur des plants de maïs au cours du temps en fonction des différentes modalités d'enrobage de biostimulants

Si deux modalités partagent une même lettre, alors elles ne sont statistiquement pas différentes, et inversement, si deux modalités n'ont aucune lettre en commun alors elles sont statistiquement différentes.

Résultats et interprétations: Bien qu'il n'y ait pas de différence statistiquement significative entre modalités, il semble que les Acides humiques et fulviques (AHAf) aient un effet positif sur le développement des plants. De plus, s'ils sont associés à des algues l'effet semble amélioré, car les écarts entre plants sont réduits ; autrement dit, l'association AHAf + algues permettrait d'homogénéiser la culture. Sur la modalité 3, deux plants ne sont pas nés et un troisième est mort à 4-5 feuilles. La place ainsi libérée a certainement profité aux plants survivants, c'est pourquoi nous ne tiendrons pas compte des bons résultats de cette modalité qui, a priori, impactée négativement à la germination. Ce résultat est certainement à recroiser avec les observations faites sur tournesol, où l'on a constaté qu'en augmentant la dose on peut considérablement diminuer la vigueur, voire, comme ici, diminuer le taux de germination. Les autres modalités (Mélasse, FPJ Luzerne⁸, Mélasse + Auxines) obtiennent des résultats sensiblement proches de ceux du témoin non traité.

Finalement, ces essais en pots nous apprennent qu'il est nécessaire d'évaluer les produits, les mélanges et leurs doses avant de se lancer dans des essais au champ à plus grande échelle. Jusque-là, ces essais nous ont permis de voir que certains enrobages organiques et notamment certains produits (Algues, Mélasse diluée, AHAf, Compost, etc.) ont des effets positifs sur la germination et le développement des jeunes plantules. Attention cependant aux effets cocktails et à la réaction de la culture. L'effet dose semble variable selon les espèces : le blé et le maïs semblent apprécier des fortes doses alors que, pour le tournesol, on observe un effet dépressif des produits apportés en grande quantité.

• Au champ en enrobage

Plan expérimental: Une parcelle de limono-argileux profond au pied des Pyrénées (donc bien arrosée) à environ 1,8 % de MO a été retenue pour accueillir l'essai. Toute la plateforme a reçu la même fertilisation : 5 t/ha de fientes et 260 kg/ha de 10-5-0 en localisé. Toutes les modalités ont été semées le 26 mai dans de bonnes conditions et chacune a été mise en place sur un aller-retour de semoir, soit 22 rangs, à 60 cm d'écartement. Initialement prévue à 100 000 grains/ha, la densité de semis a dû être revue car l'enrobage ne permettait pas le même « écoulement » des graines. Pour contrebalancer, il semble qu'il faille augmenter la dose d'environ 15 %.

Pour la réalisation des enrobages, nous avons utilisé une bétonnière, rincée entre chaque modalité. Toutes les modalités ont été traitées au même dosage : 1,5 L/q de maïs pour les produits liquides et 1,5 kg/q de maïs pour les produits solides, exceptée la modalité « Silifilm » qui a été mouillée à 2 L/q de semence. 8 enrobages différents ont été testés et comparés à un témoin non enrobé.

Résultats et interprétations: Globalement, toutes les modalités appartiennent au même groupe statistique, et ne sont donc pas différentes, sauf pour les modalités 1 et 9 qui sont statistiquement différentes. Le trait en pointillés rouges sur le graphique page suivante représente la moyenne de l'ensemble des modalités (il se trouve que c'est la même que le témoin, modalité 7).

⁸ FPJ: Fermented Plant Juice. Provenant des principes du « Korean Natural Farming », ce produit est fabriqué en faisant « fermenter » des plantes (locales et saines) avec du sucre brun. Le sucre fait exploser les cellules végétales par osmose et permet la libération des composés cellulaires. Au bout de 7 jours, dans des conditions de températures idéales (>25°C), la solution est filtrée et peut être appliquée en dilution à 1:500. Document synthétique : <https://www.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/sa-7.pdf>

	COMPOSITION	DENSITE (grains/ha)
1	LAIT	100 000
2	EXTRAIT DE COMPOST	85 000
3	HUMIVITAL	85 000
4	HUMIFIRST	85 000
5	SILIFILM	88 000
6	HUMIFIRST + LAIT + ALGUES	90 000
7	TEMOIN	90 000
8	SILICE INFORMEE	90 000
9	HUMIFIRST + ALGUES	90 000
10	TCO	90 000

TABLEAU 7

Description des modalités de l'essai d'enrobages sur maïs, au champ

On remarque que seule les modalités 3 (Humivital), 9 (Humifirst + Algues) et 10 (TCO) ont des résultats supérieurs à la moyenne, bien que le test statistique ne valide pas formellement cette supériorité.

Globalement, les écarts-types sont assez grands : on passe du simple au double pour certaines modalités et du simple au triple pour d'autres. Il existe donc une grande hétérogénéité au sein même de chaque modalité, excepté pour la modalité 10 (TCO) qui semble plus homogène.

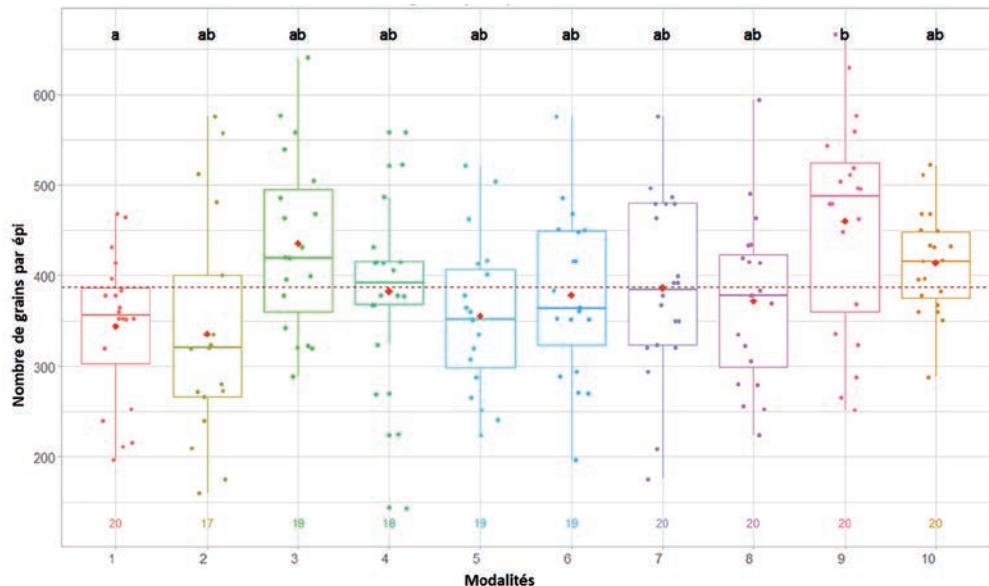


FIGURE 17

Nombre de grains par épi en fonction des modalités

Si deux modalités partagent une même lettre, alors elles ne sont statistiquement pas différentes, et inversement, si deux modalités n'ont aucune lettre en commun alors elles sont statistiquement différentes.

En ce qui concerne la programmation des épis, encore une fois, la modalité 3 (Humivital) semble la mieux placée avec un épi à 20 rangs et aucun épi avec un nombre de rangs inférieur ou égal à 12. Toutefois, de nombreux retours d'expériences négatifs de ce produit nous parviennent. Des précautions sont donc à prendre et des tests supplémentaires doivent être conduits. Les modalités 6 (Humifirst + lait + algues) et 10 (TCO) se positionnent bien également avec plusieurs gros épis programmés à 18 rangs et aucun très petit (12 rangs ou moins).

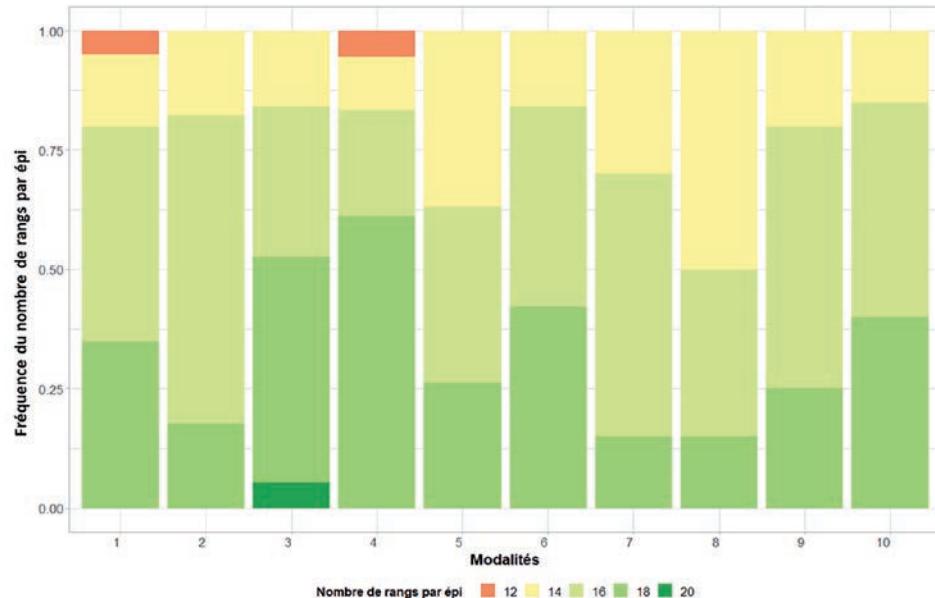


FIGURE 18
Fréquence du nombre de rangs par épi en fonction des modalités

• Au champ en localisé dans la ligne de semis

Plan expérimental : Une autre parcelle de limono-argileux à 2,6 % de MO dans le sud du Gers a accueilli un essai sur les biostimulants sur maïs (tardif). Ce dernier a été semé en direct sous couvert à 90000 gr/ha à 40 cm d'écartement le 12 avril. Trois produits ont été apportés à différentes doses en localisé dans la ligne de semis. Deux témoins non traités encadrent l'essai et un témoin ayant reçu 200 L/ha d'eau en localisé a été placé au centre de l'essai. Les modalités traitées avec des biostimulants n'ont reçu aucune fertilisation.

Les épis ont été récoltés le 10 septembre et les composantes de rendement (nombre de rangs et nombre de grains par rang) ont été mesurées ainsi que le poids de chaque épi (rafle + grains). Visuellement, les plants de maïs sont tous très semblables : hauteur similaire, phénologie également, etc. Seul le niveau d'insertion des épis semble différent, avec une insertion beaucoup plus haute sur le témoin à 200 UN (env. 25 cm plus haut).

Résultats et interprétations : Pour le nombre de grains par épi et le poids par épi, on voit que le témoin-200UN surpassé toutes les modalités avec de gros épis réguliers. On observe également que 5 modalités (Chamae-500, TCO-200, TCO-400, Temoin-eau-200 et FPJ-400) font partie du même groupe statistique que le témoin (même lettre de différence significative "a"). Autrement dit, ces derniers biostimulants, qui n'ont reçu aucune fertilisation, obtiennent des résultats très proches de ceux du témoin-200UN. Ce résultat, à la fois encourageant et très surprenant, peut s'expliquer par les 20 ans de SD pratiqués sur la parcelle, qui conduisent à une très grande fertilité naturelle des sols qui, associée aux biostimulants apportés, a permis de compenser la fertilisation azotée. Nous pouvons également remarquer que les modalités temoin-0, FPJ-100 et FPJ-200, obtiennent des résultats statistiquement

inférieurs au témoin-200UN. Par contre, il apparaît une évolution positive sur le FPJ où, en augmentant la dose, il semble que l'on augmente le nombre de grains par épi.

Point important, le nombre d'épis varie fortement selon les modalités : de 80 000 pieds/ha en moyenne il s'étale entre 65 000 et 87 500 pieds/ha. Ces écarts de densité peuvent être la cause des biostimulants, qui peuvent induire des taux de germination différents et impacter le comportement des plants de maïs.

Enfin, le poids de chaque épi a été mesuré et est représenté sur le graphique ci-dessous. Pas de surprise, le témoin-200UN arrive en tête, cependant cette modalité fait partie du même groupe statistique que Chamae-500, TCO-200 et TCO-400. Autrement dit, ces dernières semblent avoir un potentiel proche du témoin fertilisé à 200UN, ce qui est très encourageant. Pour aller plus loin, il faudrait éclaircir les causes du manque de pieds de certaines modalités : effet collatéral des biostimulants (salinité trop élevée) ? Dégradation des graines par les microorganismes apportés ? Défaut de semis (distribution) ? Dégâts d'oiseaux (appétence plus forte) ? etc.

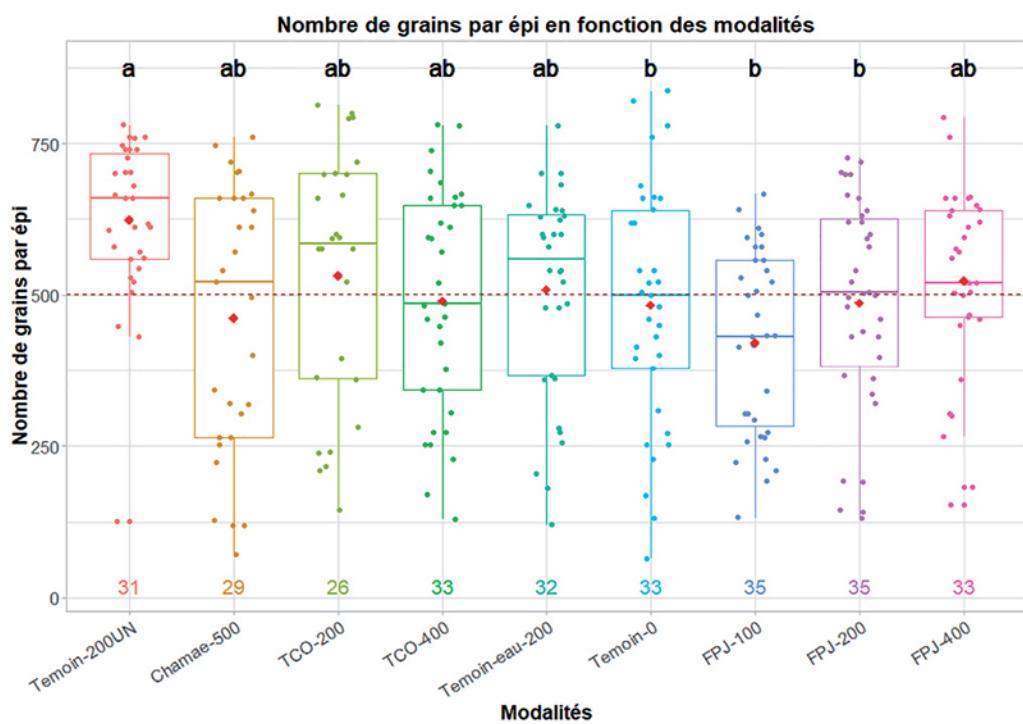


FIGURE 19

Nombre de grains par épis en fonction de chaque modalité de biostimulants appliqués en localisé sur maïs.
Si deux modalités partagent une même lettre, alors elles ne sont statistiquement pas différentes, et inversement, si deux modalités n'ont aucune lettre en commun alors elles sont statistiquement différentes.

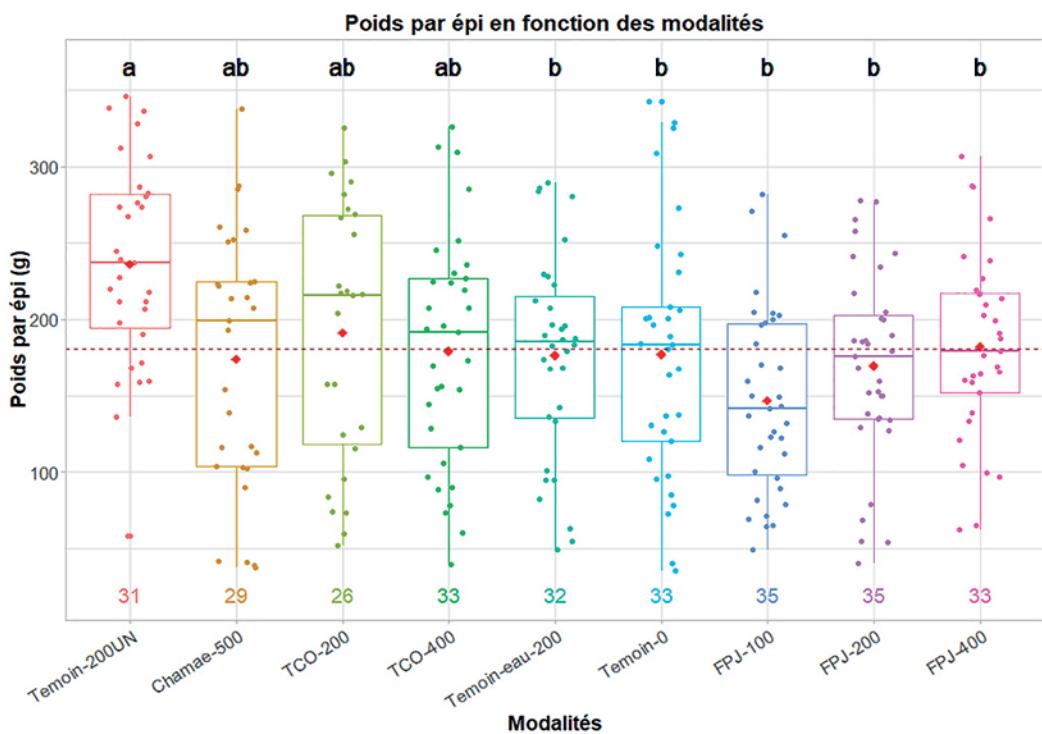


FIGURE 20

Poids des épis en fonction de chaque modalité

Si deux modalités partagent une même lettre, alors elles ne sont statistiquement pas différentes, et inversement, si deux modalités n'ont aucun caractère en commun alors elles sont statistiquement différentes.

La programmation des épis de maïs a également été étudiée afin d'évaluer le potentiel de rendement des différentes modalités testées. Pour chacune, la fréquence d'apparition des nombres de rangs est représentée sur le graphique ci-dessous. Il apparaît clairement que la modalité traitée au Chamae a un potentiel restreint avec de petits épis. On peut noter également que les modalités témoin-200 UN et FPJ-400 ont un comportement relativement proche, avec un très fort potentiel où les plus petits épis comptent 14 rangs/épi. Les témoins obtenant des résultats statistiquement non différents des modalités traitées, il est difficile d'interpréter les données avec certitude. Une observation peut tout de même être soulevée : il semble que pour les modalités TCO et FPJ, la dose améliore le potentiel.

Enfin, en faisant une étude économique très simplifiée, on peut voir que les témoins non traités et traités à l'eau obtiennent les meilleures marges semi-brutes, mais restent loin derrière le témoin ayant reçu 200 UN. Cet essai révèle donc un potentiel agronomique des produits testés avec des résultats encourageants sur les composantes de rendement, mais leur coût ne permet pas encore d'obtenir de bons résultats économiques.

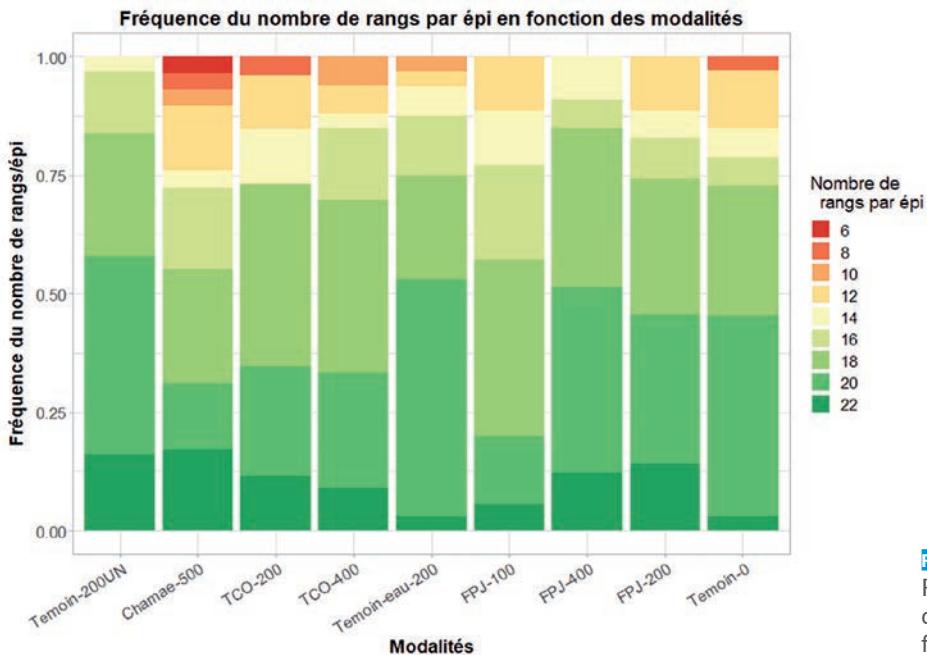


FIGURE 21

Fréquence du nombre de rangs par épis en fonction des modalités



FIGURE 22

Rendement estimé (q/ha) et marge semi-brute (€/ha) pour chaque modalité de biostimulant appliquée en localisé sur maïs

2. Tests de produits biostimulants en pulvérisation foliaire sur méteil blé/féverole

Essai sur un large éventail de biostimulants achetés ou autoproduits

Contexte: L'essai a été mené sur méteil blé/féverole sur une parcelle agroforestière de la ferme D (Lot-et-Garonne), sur un sol argileux à 1,8 % MO.

Hypothèse: a) Des biostimulants permettent d'obtenir des résultats proches du témoin urée. b) [La bioélectronique de Vincent \(BEV\)](#) (voir encadré page 27) permet d'évaluer l'état de santé des plantes et donc de leurs capacités de production (quantité et qualité).

Objectif: L'objectif de cette expérimentation de produits biostimulants appliqués en foliaire était double : a) tester une grande variété de produits biostimulants, b) évaluer l'intérêt d'une nouvelle méthode d'analyse: la **BEV**.

Plan expérimental: 28 modalités testées en bandes de 72 m². Toutes les deux lignes, un témoin « 0 fertilisation » a été mis en place. La première modalité est un témoin « fertilisation classique » qui a reçu 150 kg/ha de sulfate d'ammoniac (40 UN et 55 US) le 21/01 et 220 kg/ha d'urée le 10/03. Ci-dessous un schéma résumant les différentes modalités et leur agencement sur la parcelle. Notez que toutes les bandes se suivent, contrairement à ce qu'indique le schéma.

Itinéraire technique: Trois applications de produit ont été effectuées sur les bandes à différents stades phénologiques de la culture: 3-4 feuilles en mars, épi 1 cm en avril, épiaison en mai. Le lendemain de chaque application, les paramètres de la BEV (voir encadré page suivante) et le °Brix ont été mesurés sur les deux dernières feuilles de cinq féveroles de chaque modalité. En plus de ces analyses, deux critères clés de la qualité du blé ont aussi été mesurés à la récolte: le taux de protéines et le poids spécifique (PS), et un suivi maladies (septoriose, fusariose, piétin verse) a été effectué.



FIGURE 23
Parcelle avec
un arbre repère

FIGURE 24
Différents
hydrolysats
autoproducts
pour l'essai

1 ●	Témoin Urée (220 kg/ha)	20 ●	Témoin 0 ferti
2 ●	Témoin 0 ferti	21 ●	Hydrolisat de poisson *
3 ●	Silice liquide (200 ml/ha)	22 ●	Assimil *
4 ●	Silice corne 501 (4g/ha)	23 ●	Témoin 0 ferti
5 ●	Témoin 0 ferti	24 ●	Bio3G *
6 ●	Vitamine C (40 g/ha)	25 ●	Hydrolysat féverole *
7 ●	Algue (0,5 kg/ha)	26 ●	Témoin 0 ferti
8 ●	Témoin 0 ferti	27 ●	Hydrolysat soja *
9 ●	Ortie fermentée *	28 ●	Hydrolysat soja germé *
10 ●	Ortie fermentée commerciale *	29 ●	Témoin 0 ferti
11 ●	Témoin 0 ferti	30 ●	Hydrolysat fientes poules *
12 ●	Humifirst *	31 ●	Hydrolysat sang/os/corne *
13 ●	Jus de pain *	32 ●	Témoin 0 ferti
14 ●	Témoin 0 ferti	33 ●	Hydrolysat mixte *
15 ●	Jus de pain "kanne" *	34 ●	Extrait compost 500P (0,5 kg/ha)
16 ●	Petit lait *	35 ●	Témoin 0 ferti
17 ●	Témoin 0 ferti	36 ●	Hydrolysat soja/algues *
18 ●	EM *	37 ●	Extrait de turricules (0,5 kg/ha)
19 ●	EM Rézomes *	38 ●	Hydrolysat mixte + 500P *

* Application à 20 L/ha

● arbre

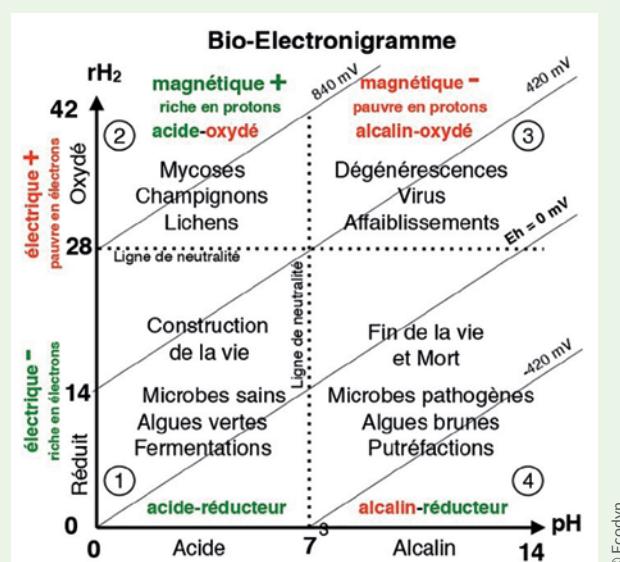
FIGURE 25
Agencement
des modalités sur
la parcelle test

Quelques mots sur la BEV et le taux Brix

La bioélectronique est une méthode scientifique mise au point en 1948 par Louis-Claude Vincent (1906-1988), ingénieur spécialisé en hydrologie. Cette méthode repose principalement sur 3 mesures : **pH, conductivité et potentiel d'oxydo-réduction (redox)**. Le pH indique la concentration en ions hydrogène d'une solution, la conductivité évalue la capacité d'un milieu à conduire un courant électrique, en fonction de sa concentration en ions, et le redox indique la concentration en électrons du milieu. Elle permet, en principe, d'apprécier l'état sanitaire, physiologique, etc. des êtres vivants, ou du milieu de façon générale.⁹

Depuis plusieurs années, les travaux d'Olivier Husson (CIRAD) ont permis de construire le tableau ci-contre représentant 4 terrains bioélectroniques, plus ou moins favorables au vivant, selon deux axes : rH₂¹⁰ et pH.¹¹

Nous avons choisi d'ajouter à l'analyse un autre indicateur récemment étudié pour son intérêt agronomique : le taux ou degré Brix (°Brix).



© Ecodyn

FIGURE 26 Les 4 zones de la BEV

Il permet de mesurer la quantité de solutés dans un liquide grâce à un réfractomètre. Les sucres, la pectine, les acides organiques et les acides aminés sont les solutés les plus communs dans la sève des plantes. Le °Brix est utilisé comme indicateur de la qualité de certains produits comme le vin ou les fruits¹². D'après les travaux de Carey Reams, mesurer le °Brix dans la sève des plantes permettrait aussi d'évaluer son état de nutrition et donc d'immunité¹³. Cependant cet indicateur peut être influencé par d'autres facteurs comme la maturité de la plante et le taux d'humidité.

⁹ Le potentiel Redox, O. Husson, S. Singla, TCS n°99, septembre-octobre 2018

https://agriculture-de-conservation.com/sites/agriculture-de-conservation.com/IMG/pdf/pdfsam_potentiel_redoxtcs99_light.pdf

¹⁰ Le rH₂ est calculé selon l'équation de Nernst : $rH_2 = 33,3 \times E(mV) + 2 \text{ pH}$
rH₂ = 0 indique une solution à forte concentration en électrons, donc réductrice et rH₂ = 42 indique une solution à faible concentration en électrons, donc oxydante.

¹¹ Redox potential (Eh) and pH as indicators of soil conditions : possible application in design and management of conservation agriculture cropping systems, O. Husson, CIRAD/PERSYST/UR SIA, Montpellier, FRANCE, The 3rd International Conference on Conservation Agriculture in Southeast Asia, 2011
https://www.researchgate.net/publication/283270063_Redox_potential_Eh_and_pH_as_indicators_of_soil_conditions_possible_application_in_design_and_management_of_conservation_agriculture_cropping_systems

¹² Using °Brix as an Indicator of Vegetable Quality, An Overview of the Practice, M. D. Kleinhenz, N. R. Bumgarner, Department of Horticulture and Crop Science, The Ohio State University, Ohio Agricultural Research and Development Center, 2012

<https://ohioline.osu.edu/factsheet/HYG-1651>

¹³ Le taux de sucre et le pH de la sève : deux critères pour évaluer la santé d'une culture, Ecodyn, 2018 :
<http://vernoux.org/agronomie/refractometre.pdf>

ÉVALUATION DE L'EFFET DES PRODUITS BIOSTIMULANTS PAR LA BEV

Résultats et interprétations: Avec les mesures BEV, nous avons récolté de très nombreux résultats. Cependant la plupart d'entre eux ne sont pas significatifs et ne nous permettent pas de tirer de conclusions de l'impact des produits sur l'état de santé de la féverole ou du blé. Le schéma ci-dessous montre par exemple que le rH2 ne varie pas significativement entre les modalités, sauf la modalité Humifirst®, ce qui peut être expliqué par le pH très basique du produit. Il en est de même pour les relevés du °Brix.

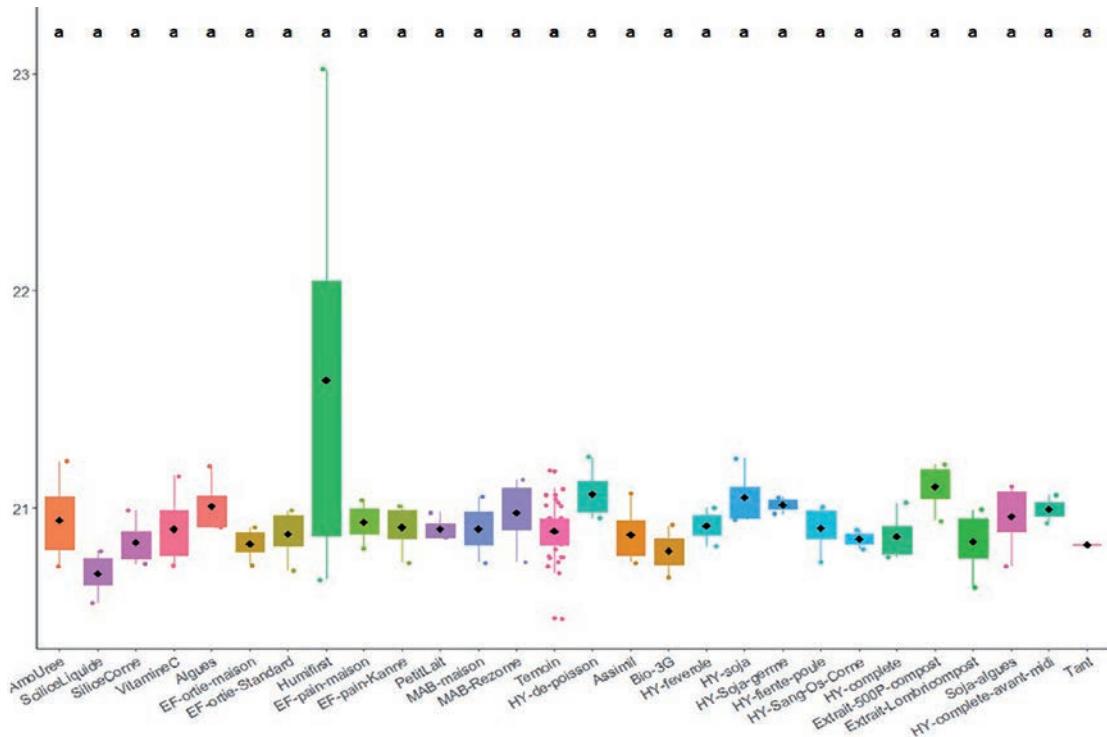


FIGURE 27 Comparaison des moyennes de rH2 pour toutes les modalités (pairwise.t.test réalisé avec R®)

© Association Française d'Agroforesterie



FIGURE 28

À gauche, outils pour l'analyse BEV et Brix. À droite, réalisation de mesures.

Suite à l'analyse BEV et Brix, nous avons conclu que ces indicateurs sont difficiles à interpréter et chronophages à mesurer et à traduire¹⁴. Il aura fallu un jour complet à 2 personnes pour réaliser les 38 mesures, après chaque pulvérisation.

¹⁴ Vous pouvez retrouver l'ensemble de l'étude sur le site de la Chambre d'agriculture du Lot-et-Garonne: https://lot-et-garonne.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Nouvelle-Aquitaine/102_Inst-Lot-et-Garonne/Documents/47_Fiches_Grandes_Cultures/References_Techniques_Grandes_Cultures/Meteil_Biostimulants_foliaires.pdf D'autres retours d'essais Agr'eau: <https://lot-et-garonne.chambre-agriculture.fr/produire/cultures/grandes-cultures/references-techniques/>

D'après Olivier Husson, notre matériel n'était pas idéal pour obtenir des valeurs précises, notamment pour mesurer le potentiel redox. Il ne possédait pas une résistance interne suffisante. De plus, les mesures BEV sont très influencées par les champs magnétiques, il faut donc choisir l'endroit et le moment des relevés avec une grande attention (soit grâce à un outil permettant de mesurer les variations électromagnétiques, soit grâce à la géobiologie).

Pouvoir manipuler la BEV nécessite donc une connaissance pointue ainsi qu'un matériel spécialisé (compter +/- 1000€ pour s'équiper). C'est pourquoi, malgré le temps dédié à cette expérimentation, nous ne sommes pas en mesure de tirer des conclusions sur les résultats des produits biostimulants par nos analyses BEV et Brix.

ÉVALUATION DE L'UTILISATION DES PRODUITS BIOSTIMULANTS SUR L'ÉTAT SANITAIRE DU BLÉ

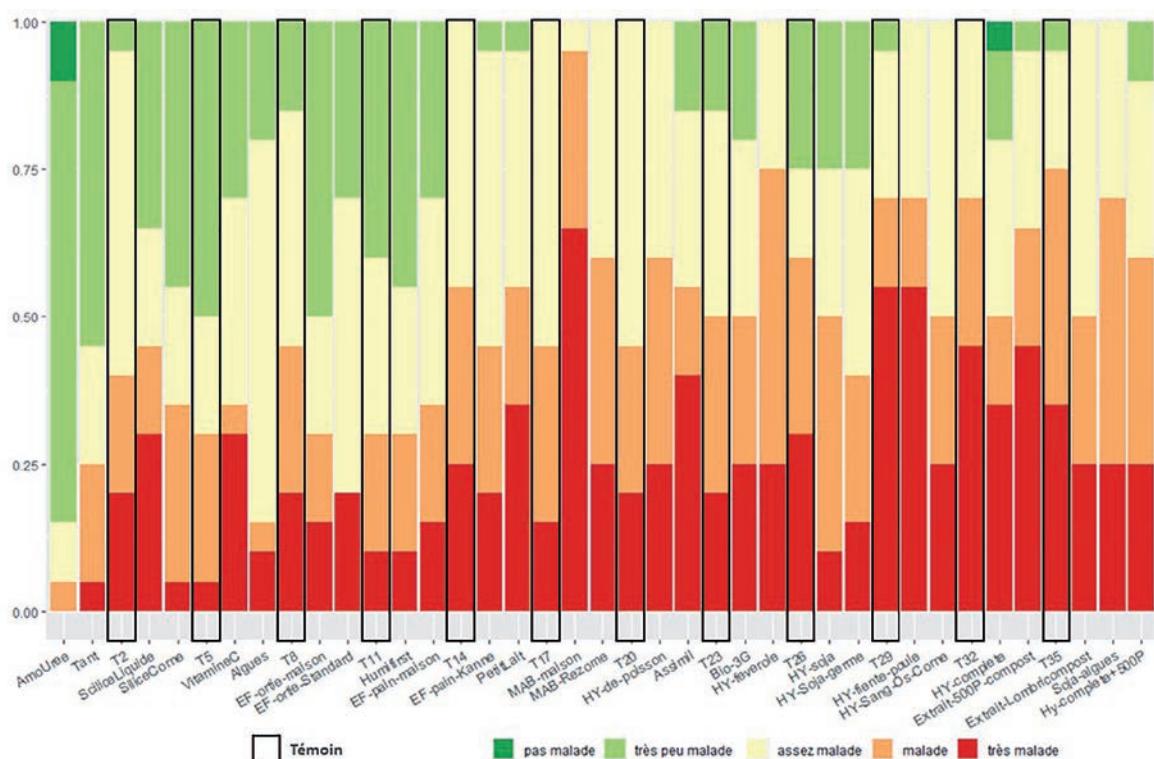


FIGURE 29 Proportion des individus sains à malades selon les différentes modalités

En parallèle du suivi BEV présenté précédemment, une étude sur les maladies du blé a également été menée : septoriose, fusariose de l'épi et piétin verse. Si la BEV ne nous a pas permis de distinguer les traitements, le suivi des maladies réalisé non plus. En effet, comme nous pouvons le voir sur le graphique ci-dessus, aucune modalité ne se démarque si ce n'est la modalité « AmoUrée » qui a une très faible proportion de plants de blé malades. Aussi, dans cette expérimentation, aucune relation n'existe entre les valeurs obtenues par la BEV et l'état sanitaire des plantes. Nous nous interrogeons donc sur la pertinence de ces indicateurs pour juger et piloter les cultures.

ÉVALUATION DE L'UTILISATION DES PRODUITS BIOSTIMULANTS SUR LA QUALITÉ DU BLÉ

Nous avons complété l'évaluation des produits par une analyse des critères de qualité du blé récolté : taux de protéine et poids spécifique. Le salissement des échantillons était équivalent, avec la présence de plusieurs adventices (gaillet, folle avoine, etc.), ils peuvent être comparés entre eux afin de constater d'éventuelles tendances. Les résultats sont représentés sur le schéma ci-dessous :

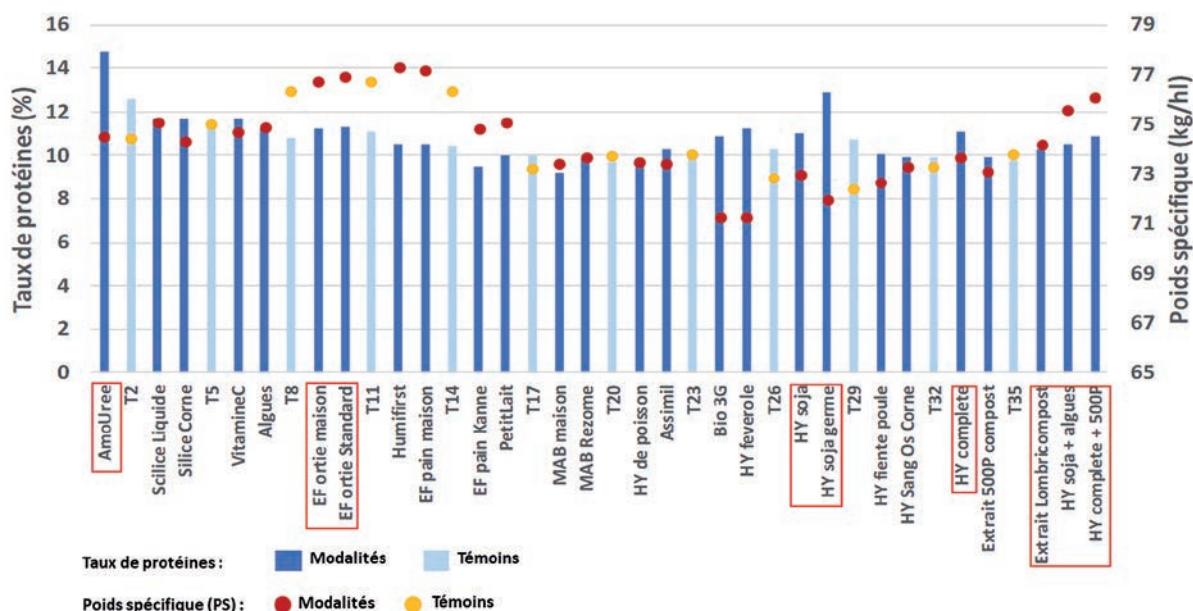


FIGURE 30 Résultats des différents biostimulants en foliaire sur la qualité du grain de blé

Comme le montre la variabilité des témoins, il y a un effet parcelle non négligeable pour cet essai. Il faut donc bien comparer les modalités avec les témoins (points jaunes) qui les entourent pour pouvoir mieux interpréter ces résultats.

9 produits semblent obtenir de meilleurs résultats que leurs plus proches témoins. Ils sont résumés dans le tableau ci-dessous. On peut notamment relever la modalité en fertilisation classique « AmoUrée » et les hydrolysats (HY=hydrolysat et EF=extrait fermenté). L'hydrolysat de soja¹⁵ était nommé AAS dans l'expérimentation précédente. Ces résultats restent tout de même peu fiables compte tenu du salissement et de la variabilité de la parcelle.

De nouveaux essais, avec quelques produits seulement, seront lancés au cours des prochaines campagnes afin de confirmer notamment les résultats prometteurs des meilleurs produits testés.

ID	Les 9 meilleurs	Prot.	PS
28	HY soja germe	22.9%	-0.8%
1	AmoUrée	17.5%	0.1%
33	HY complete	12.7%	0.2%
38	HY complete + 500P	11.2%	3.1%
37	HY soja + algues	7.1%	2.4%
36	Extrait Lombricompost	5.1%	0.5%
27	HY soja	4.8%	0.6%
10	EF ortie Standard	3.2%	0.5%
9	EF ortie maison	2.3%	0.3%

TABLEAU 8
Les 9 meilleurs biostimulants testés.
Comparaison par rapport aux témoins non traités

15 Voir encadré [Préparation de l'hydrolysat protéique à partir de soja](#) page 46

Essai de produits commerciaux Rézomes® et Plocher®

Contexte: En collaboration avec Florent Ruyet, conseiller à la Chambre d'agriculture du Lot-et-Garonne, un autre essai a été mené chez le même agriculteur afin d'évaluer les effets de deux produits biostimulants commerciaux sur la pression maladie et les rendements de mœteils blé/féverole.

L'essai mœteil blé/féverole a été mené sur une parcelle agroforestière homogène de la ferme D (Lot-et-Garonne), sur un sol argileux à 1,8 % MO.

Hypothèse: a) Des biostimulants peuvent améliorer l'état de santé des plantes pour avoir de meilleurs résultats. b) Le fractionnement des apports a un effet. c) La [bioélectronique de Vincent \(BEV\)](#) permet d'évaluer l'état de santé des plantes.

Objectif: L'objectif de cette expérimentation de produits biostimulants appliqués en foliaire était triple: a) Tester deux produits biostimulants Rézomes® et Plocher®, b) Evaluer l'effet du fractionnement des applications, c) Evaluer l'intérêt d'une nouvelle méthode d'analyse: la [BEV](#).

— PRODUIT RÉZOMES®

Le premier produit testé, commercialisé par la société Rézomes®, est réalisé à base de litière forestière. Il contient notamment des EM (micro-organismes efficaces).

Plan expérimental: Deux modalités: 3 applications de 20 L/ha et 6 applications de 10 L/ha du produit Rézomes® ont été mises en place entre deux témoins.

Résultats et interprétations: Les résultats sur le rendement sont présentés sur le graphique ci-dessous.

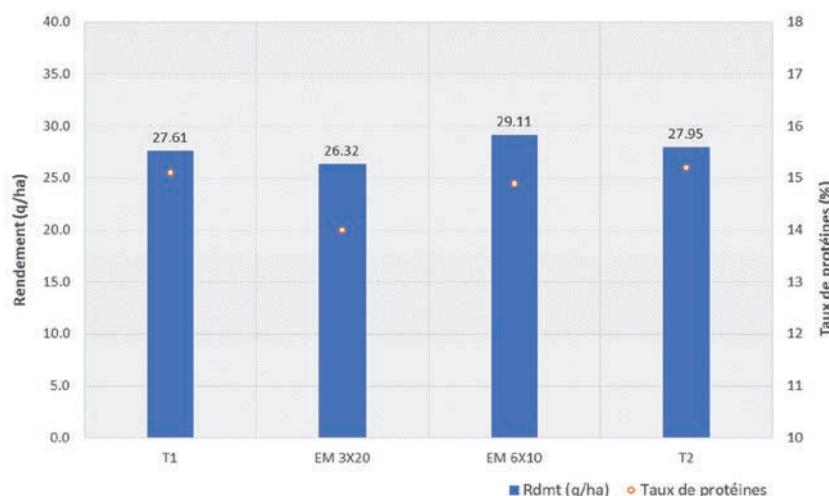


FIGURE 31
Résultats des essais d'EM Rézomes® en foliaire sur mœteil blé-féverole

On constate que la 2^e modalité (en bleu) répartie en 6 applications de 10 L/ha a obtenu de meilleurs rendements, avec un peu plus d'1 q/ha supplémentaire aux témoins. La 1^{re} modalité (en vert) a cependant obtenu des résultats inférieurs aux deux témoins, laissant supposer que, pour ce produit, un plus grand fractionnement des applications est nécessaire. Pour ce qui est des maladies, aucun impact du produit n'a été constaté pour la septoriose ou la fusariose.

PRODUIT PLOCHER®

Le deuxième produit qui a été testé est commercialisé par la société Plocher®.

Plan expérimental : L'essai a aussi été réalisé sur des méteils blé/féverole, mais avec des précédents différents les uns des autres. Seules les modalités avec précédents sorgho, colza et blé ont été suivies.

Résultats et interprétations : Les modalités avec le produit Plocher® (couleurs pleines sur le graphique) n'obtiennent pas de différence significative de rendement avec les témoins. Les modalités se distinguent davantage par le précédent que par le traitement Plocher®. Dans ce contexte, quelle que soit la modalité, les coûts additionnels engendrés par le produit (233,5 €/ha plus le coût des passages de pulvérisateur) ne sont pas compensés par les résultats agronomiques.

Des répétitions de ces essais doivent être menées pour affiner notre compréhension de l'impact de ces produits biostimulants en application foliaire sur les cultures.



FIGURE 32 Agencement des modalités avec précédents différents

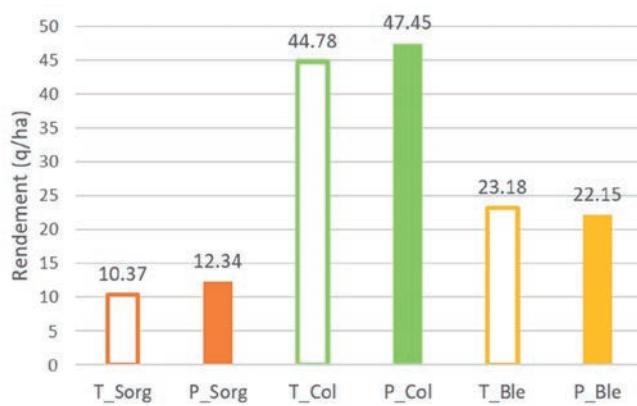


FIGURE 33 Résultats des essais du produit Plocher® en foliaire sur méteil blé-féverole

3. Tests de produits biostimulants liquides autoproduits

Aujourd'hui, de nombreuses solutions biostimulantes commerciales commencent à apparaître. Cependant, leurs prix d'achat sont souvent trop élevés par rapport à leur impact positif sur le rendement¹⁶, n'améliorant donc pas la marge nette de l'exploitant. Une étude de l'institut Arvalis regroupant plus de 11 essais sur 6 produits biostimulants commerciaux (activateurs de la vie du sol) a conclu que, pour la majorité des essais, l'utilisation de ces produits n'apporte pas de bénéfice économique¹⁷.

¹⁶ Exemple d'une autre étude comparative menée par Arvalis sur 6 produits commerciaux : <https://www.arvalis-infos.fr/que-retenir-des-performances-technico-economiques-de-six-biostimulants--@/view-31738-arvalis.html>

¹⁷ Activateurs de la vie microbiologique des sols, Premiers résultats d'un réseau d'essai, Perspectives Agricoles n°432, avril 2016
https://www.perspectives-agricoles.com/file/galleryelement/pj/6c/83/fc/f7/432_3137393317361665007.pdf

De plus, suite à l'évolution récente des réglementations sur l'origine des intrants en agriculture biologique (voir encadré ci-dessous), il risque d'être plus compliqué et plus cher de se fournir avec des engrais autorisés.

C'est pourquoi, même s'il peut être pratique d'utiliser un produit commercial, dans un souci d'économie, un test d'autoproduction de biostimulants sous forme liquide a été réalisé au sein de trois fermes.

Une nouvelle réglementation plus stricte rend plus difficile et plus chère la fourniture en intrants pour l'agriculture biologique

L'agriculture biologique est encadrée par un cahier des charges défini au niveau européen. Pour l'application du règlement bio par les producteurs et opérateurs français, un guide de lecture est rédigé et mis à jour par l'INAO (L'Institut National de l'Origine et de la Qualité) et le CNAB (Comité National de l'Agriculture Biologique). C'est ce guide de lecture qui fixe les règles de l'agriculture biologique en France.

Un nouveau [guide de lecture*](#) a été validé le 19 décembre 2018, apportant des changements significatifs, notamment au niveau de la réglementation concernant les intrants. En effet, les « effluents d'élevage industriels » sont interdits pour l'épandage sur des terres bio. Or, ce terme n'était pas encore précisé, laissant

ainsi un vide juridique permettant aux producteurs de se fournir en effluents sans réelle restriction. Le nouveau guide de lecture définit désormais que les effluents en provenance d'élevages de volailles en cage ou d'élevages en système caillbotis intégral sont interdits en agriculture biologique depuis janvier 2021. L'augmentation de la demande pourrait favoriser une augmentation du prix des intrants, rendant encore plus pertinente l'autoproduction d'engrais liquides.¹⁸

Nos expérimentations ont porté sur deux produits biostimulants en particulier :

- Le thé de compost oxygéné (TCO) pour son intérêt en tant qu'inoculant microbien complet ;
- L'hydrolysat protéique pour son intérêt nutritif en tant que source d'azote organique liquide.

* <https://www.inao.gouv.fr/Les-signes-officiels-de-la-qualite-et-de-l-origine-SIQU/Agriculture-Biologique>

18 Des avancées réglementaires significatives pour l'agriculture biologique, GAB-FRAB, 2019
<https://www.agrobio-bretagne.org/wp-content/uploads/2019/02/190115-CPR%C3%A9glementation.pdf>

Le thé de compost oxygéné (TCO)

Le compost est un excellent intrant en agriculture car il est très riche en micro-organismes (quantité et diversité) pour une vie microbienne très active. Il contient les différentes classes de micro-organismes bénéfiques en de bonnes proportions, notamment les décomposeurs (bactéries et champignons) et leurs prédateurs (protozoaires et nématodes)¹⁹. Ce sont les interactions entre ces micro-organismes (relations proie/prédateur) qui vont apporter des composés complets et facilement assimilables par les plantes. Au-delà de l'aspect purement nutritionnel et de protection contre les pathogènes²⁰, le TCO apporterait d'autres bénéfices encore méconnus en termes d'immunité, de santé et de croissance des plantes²¹.

L'idée du thé de compost est de multiplier à bas coût cette vie abondante dans un milieu liquide oxygéné – ou plus exactement: aéré – afin de pouvoir l'appliquer plus facilement et sur de plus grandes surfaces. L'oxygénation est la clé d'un bon thé de compost car il faut chercher à développer les microbes aérobies, principaux acteurs de la fertilité du sol. Outre le fait de réapprovisionner le milieu en micro-organismes, l'activité microbienne frénétique du thé de compost permettrait une assimilation rapide et facilitée des nutriments par les plantes. La plupart des nutriments du TCO sont présents sous la forme de corps de micro-organismes qui s'entredévoient à grande vitesse, libérant à chaque seconde des minéraux, vitamines et éléments différents²².

C'est un intrant riche et complexe à libération progressive. Dans les pays anglo-saxons, en particulier les Etats-Unis, le TCO a été beaucoup étudié. En revanche, en France, peu d'essais ont été menés sinon par l'institut technique d'horticulture²³.

THÉ DE COMPOST EN FOLIAIRE SUR UNE PRAIRIE PERMANENTE

Un des grands avantages du TCO: il s'agit d'un biostimulant sous forme liquide, ce qui permet de l'appliquer grâce à un système de pulvérisation classique (moyennant quelques adaptations: pression, buses) ou de fertirrigation.

Contexte: Essai mené sur la ferme H (Gers), sur une prairie permanente irriguée.

Hypothèse: Le TCO et/ou l'hydrolysat de soja autoproduits permettent des gains de productivité sur prairie permanente.

Objectif: Evaluer l'effet de ces deux produits sur une prairie permanente.

¹⁹ The Compost Tea Brewing Manual, E. R. Ingham, Soil Foodweb Inc., 2005

Pour acheter le livre: <http://www.soilfoodweb.com.au/shop/manuals/manuals/compost-tea-brewing-manual-5th-edition-detail>

Pour télécharger le pdf : https://www.academia.edu/31999318/The_Compost_Tea_Brewing_Manual_Fifth_Edition

²⁰ Recueil bibliographique de différentes études sur les effets des extraits et thés de composts sur la protection des plantes contre les pathogènes :

“Qualité et fertilité du thé de compost” (Compost Tea Quality and Fertility), Gaius Eudoxie et Micah Martin, University of the West Indies, 2019. https://www.researchgate.net/publication/335036103_Compost_Tea_Quality_and_Fertility

²¹ Compilation de 75 études scientifiques publiée en 2012 par le “Permaculture Research Institute” d’Australie: <https://static1.squarespace.com/static/5860db8920099ed7750bd088/t/5bf3be76f950b7ad100e76dc/1542700676920/Compost+Extract%26+Tea+Research+Bibliograpgy.pdf>, <https://www.atira.fr/le-contexte-scientifique>

²² What is compost tea ? E. Ingham. Soil Foodweb Australia. <https://www.soilfoodweb.com.au/about-our-organisation/actively-aerated-compost-tea-information>

²³ Thés de compost: Description, mode d'application et résultats, M. Tragin, Astredhor: Institut technique de l'horticulture, 2016. http://www.itab.asso.fr/downloads/jt-intrants-2016/12_tragin-the-de-compost.pdf



© Association Française d'Agroforesterie

FIGURE 34 Dispositif expérimental d'essai de biostimulants liquides en fertirrigation sur prairie permanente et relevés le 25/09

Plan expérimental: Pour cette première expérimentation à petite échelle, le système de fertirrigation n'a pas été sollicité, les produits ont simplement été appliqués à l'arrosoir quelques heures avant une pluie. Cependant, l'objectif est bien de pouvoir répliquer cela par la suite à plus grande échelle avec le réseau de fertirrigation.

9 modalités et 2 témoins, traités à l'eau (à chaque extrémité du dispositif) ont été testés sur des bandes de 60m², dans une prairie permanente constituée en majorité de trèfle blanc, ray-grass anglais, chicorée, fétuque et pâturin. Le premier relevé de biomasse aérienne a été réalisé sur chaque bande le 24/09 avec un aller-retour de tondeuse de 1 mètre de largeur, puis pesée.

Résultats et interprétations: Sur le graphique ci-dessous on constate que la modalité thé de compost à 200L/ha est la seule qui a démontré un impact positif significatif, avec un poids supérieur de +40 % par rapport aux témoins (19,21kg contre 13,63kg). Les essais avec des doses inférieures ont eu aussi des résultats légèrement supérieurs aux témoins (+10 %). En revanche, les essais avec de l'hydrolysat de soja produit à la ferme (AAS soja) ou de l'hydrolysat de protéines acheté dans le commerce ont obtenu des résultats faibles, voire inférieurs aux témoins.

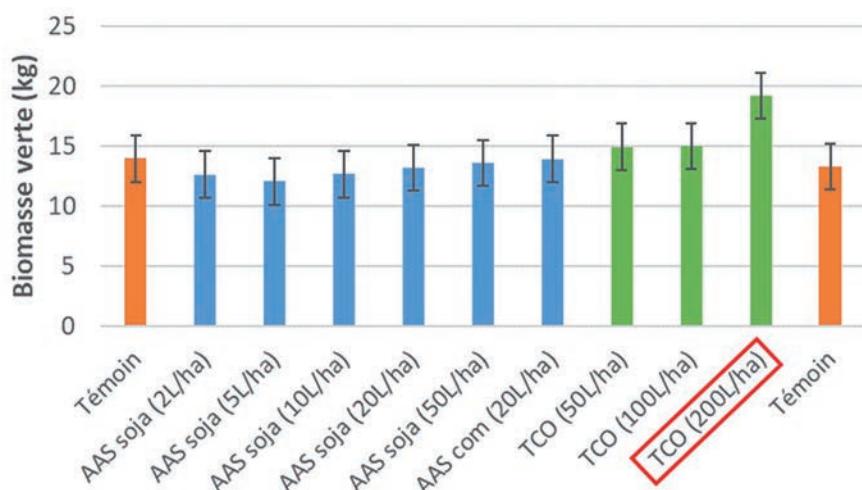


FIGURE 35
Résultats de relevés de biomasse verte par tonte

Ces premiers résultats sont très encourageants pour le TCO. Il est important de rappeler que le coût de production du thé de compost est autour de 0,06 €/L revenant donc à 12 €/ha pour une application de 200 L/ha (voir la partie [Autoproduction des produits biostimulants](#), page 40). Même si le temps nécessaire à sa préparation est faible, le TCO reste un biostimulant qui ne se conserve pas, sa production et son application requièrent une hygiène et une organisation irréprochables.

⚠ Il est important de respecter certaines conditions, aussi bien au cours de la production (déchlorer l'eau, hygiène, taux d'oxygène, etc.) qu'au moment de l'application (température, hygrométrie, etc.).

La prochaine étape de cette expérimentation sera de suivre cette parcelle avec de nouveaux relevés, tester des applications en doses fractionnées et aussi lancer un test sur plus grande échelle avec le système de fertirrigation.



FIGURE 36 Prairies de la parcelle test. À gauche majorité trèfle banc, à droite chicorée et trèfles.

Comment préparer du TCO

Il est essentiel de rappeler que la composition, la dose, le moment d'application, etc. sont indicatifs et issus d'expérimentations. D'autres recettes et protocoles (ajout d'autres produits, temps d'oxygénéation, filtration, etc.) peuvent conduire à des résultats différents selon les contextes et pratiques. Il est également important de savoir qu'il existe différentes écoles. En effet, les avis divergent concernant la température de l'eau, le temps et le mode d'aération, les ingrédients, les doses et stades d'applications, etc. Nous avons donc essayé de nous rapprocher au maximum des préconisations faites par le Dr. Elaine Ingham (USA)²⁴. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur ses retours d'expériences ainsi que sur des praticiens reconnus : Jean-Charles Devilliers (Biooze), Jérémy Rizoud (Cultures régénératives et Lab'O fertileS), Sophie Dauzan et Xavier Philipponnet (Terralba) qui ont pu nous porter conseil.

Dans une cuve de 1000L, permettant de produire environ 800L de TCO (soit environ 4 hectares traités), il vous faut la méthode et les ingrédients suivants :

- **800L d'eau de très bonne qualité**, de source ou de pluie ou en dernier recours, du réseau. Dans ce dernier cas, il est nécessaire d'aérer l'eau avec une soufflante pendant au moins 30 minutes afin d'évaporer une partie du chlore. Vous pouvez en profiter pour monter la température de l'eau aux alentours de 22°C pour assurer une bonne reproduction des micro-organismes. Lorsque cette première étape est terminée, il est recommandé d'ajouter des acides humiques, de l'ordre de 1/1000, pour complexer le chlore restant qui ne peut s'évaporer. Selon certains, le thé de compost doit rester à une température ambiante : une température constante n'est pas nécessaire car les différentes espèces que nous cherchons à multiplier se développent à différentes températures.

⚠️ Attention à ne pas trop remplir la cuve car lors du lancement de la soufflante, cela va produire beaucoup de mousse qui pourrait faire déborder la cuve (800L de solution dans une cuve de 1000L nous semble un bon compromis). On peut aussi réduire l'apparition de mousse avec quelques cuillerées d'huile (2 à 4) pour une cuve.

- **Une soufflante d'air** avec un débit de 50 m³/h reliée à une cuve de 1000L par un ou plusieurs tuyaux fixés au fond de la cuve, facilement détachables et nettoyables. L'oxygénéation est très importante : elle « détache » les micro-organismes de la matière organique du compost pour qu'ils puissent coloniser tout le liquide ; il s'agit d'un réel brassage. La soufflante est connectée par des tubes de PVC, percés de trous de 2 à 3 mm réalisés sous les tubes afin que les bulles chassent les particules de compost qui pourraient sédimer dans le fond de cuve. Il est également possible et recommandé d'utiliser des diffuseurs spécifiques. De par la taille des bulles qu'ils libèrent, le milieu est mieux aéré et le dimensionnement de la soufflante est réduit. Le nettoyage semble aussi facilité.



FIGURE 37

Une soufflante pour grande production de thé de compost (capable d'aérer 2 cuves de 1000L)

²⁴ Dr. Elaine Ingham est microbiologiste et chercheuse en biologie du sol. Elle est également fondatrice de Soil Foodweb Inc : www.soilfoodweb.com. Elle a réalisé le guide [The Compost Tea Brewing Manual](#).

- On peut aussi ajouter jusqu'à 2,5 L d'**acides humiques** pour booster le TCO et profiter des bienfaits de ce produit biostimulant. Il est également possible d'ajouter d'autres ingrédients bénéfiques comme des algues (riches en phytohormones) ou des acides aminés (azote complexé) par exemple.
- **2 kg de mélasse de canne à sucre.** Le procédé d'extraction du sucre (de canne ou de betterave) repose sur plusieurs étapes successives afin d'éliminer un maximum de composés organiques et de minéraux dans le produit final raffiné, le sucre blanc. La mélasse, étant le produit le moins raffiné, est le sirop qui va concentrer le plus de ces composés organiques. Elle est donc un aliment équilibré et riche, notamment pour les micro-organismes. Celle de canne à sucre est plus riche que celle de betterave. Il est nécessaire de prêter une attention particulière à la présence de cuivre et de soufre (action antifongique) dans la mélasse car celle-ci doit en être dépourvue pour assurer une bonne multiplication des différents micro-organismes. De plus, nos sols souffrent déjà souvent d'un déséquilibre du ratio bactéries/champignons en faveur des bactéries. Or, les sucres contenus dans la mélasse sont des sucres simples favorisant le développement des communautés bactériennes au détriment des cortèges fongiques. En d'autres termes, si vous voulez plutôt un TCO à dominante fongique (cultures pérennes : viti, arbo, etc.) il est recommandé de diminuer la dose de mélasse, voire de la supprimer. L'autre critère déterminant l'orientation de votre TCO est le temps d'aération. Une aération brève, de l'ordre de 12 h, sera à dominante bactérienne, une aération moyenne de +/- 18 h permettra aux levures de se multiplier et au-delà de 30 h les champignons commenceront à prendre le dessus.

Pour une dilution facilitée, et pour valoriser au mieux la mélasse (qu'elle ne reste pas au fond de la cuve), vous devez la diluer dans de l'eau chaude et la verser ensuite dans l'eau en aération.

- **5 à 10 kg de compost de haute qualité** (voir encadré [Qu'est-ce qu'un compost de haute qualité](#), page 39). Le compost est le réservoir à partir duquel vont se multiplier les populations microbiennes, il est donc primordial d'utiliser un excellent compost pour la production du thé. L'idéal est de mettre le compost dans des paniers semi-rigides (voir photo ci-dessous). Il est recommandé de répartir le compost dans différents sacs pour éviter qu'il ne se tasse sous son propre poids et que des zones en anaérobiose soient créées. Pour assurer une bonne filtration tout en conservant une bonne aération du compost, il est préconisé d'utiliser des paniers à mailles de 400 µ. Ainsi, les micro-organismes et certaines molécules d'intérêt peuvent passer sans boucher les filtres et buses du pulvérisateur, lesquels doivent être appropriés.

Il est possible d'ajouter le compost en vrac dans la cuve mais il faudra alors ajouter une étape de filtration à la fin du processus, chose parfois difficile à réaliser.



FIGURE 38
2 000 L de thé de compost lancé pour 24 h d'oxygénation

FIGURE 39
Panier conçu pour mettre le compost (mailles de 400 à 700 microns maximum) « Compost Tea Brewing Bags » ou « Bioextractor bag »
© teabagfilter.org

Améliorer un vieux compost

Pour maximiser le potentiel du compost, il est conseillé de le pré-activer afin de pouvoir produire un thé de compost de la plus haute qualité. Dans ce cas, 7 jours avant la préparation du thé de compost, mélanger le compost avec 3-4% de son de céréale et humidifier avec de la mélasse diluée à 1:300.

Un compost réactivé de la sorte ne pourra pas retrouver les mêmes caractéristiques qu'un excellent compost, mais il s'agit tout de même d'un bon moyen pour le revaloriser au mieux.



© Association Française d'Agroforesterie

FIGURE 40 Compost acheté mais pas encore pré-activé trop sec. Consistance de marc de café.



FIGURE 41 Pré-activation du compost, mélange avec du son puis humidification et mélange

Qu'est-ce qu'un compost de haute qualité ?

Un compost de haute qualité doit rassembler les caractéristiques suivantes :

- une odeur d'humus forestier,
- une fine granulométrie,
- une couleur brun sombre,

- une texture de pâte à modeler friable (capable de se prendre en masse lorsqu'il est comprimé et de se déliter au moindre effritement),
- un aspect gras et une consistance proche de celle d'un gel.



© Association Française d'Agroforesterie

FIGURE 42 Un compost de haute qualité obtenu grâce au lombricompostage



⚠️ L'hygiène est cruciale pour la production de thé de compost. Avec des tuyaux ou une cuve sales, on risque d'échouer dans la multiplication des micro-organismes aérobies ou pire, de multiplier des pathogènes ou des micro-organismes opportunistes inutiles voire néfastes. Il faut donc veiller à travailler dans des conditions proches de l'industrie alimentaire (imaginez que vous produisez un jus de fruit). Le matériel doit être lavé entre chaque production de thé de compost à l'aide d'un jet haute pression pour éliminer les micro-organismes qui restent sur la paroi, créant une pellicule qui pourrait boucher les tuyaux et laisser des zones anaérobies où se développent des pathogènes. Toute l'installation doit être conçue pour simplifier le lavage (tubes mobiles et détachables, cuves surélevées, etc.).



FIGURE 43

Cuves pour préparation de thé de compost. Les tubes sont détachables pour permettre un lavage rapide avec un jet d'eau haute pression. Sur ces photos l'hygiène est insuffisante, il faudra réaliser un lavage avant une production de TCO.

⚠️ Attention le thé de compost ne peut pas être conservé ni stocké, c'est pourquoi il faut toujours le préparer juste avant son utilisation. L'utilisation de TCO nécessite de la discipline, de l'organisation et de la logistique pour manipuler les volumes nécessaires selon un timing adapté. Selon les praticiens, la durée de conservation du TCO après avoir arrêté la soufflante va de 2 à 4h.

Pour l'application au champ, quelques principes doivent être respectés :

- La pression : pulvérisez à 1- 1,5 bar, et limitez la pression à 2 bars maximum.
- Les buses et chicanes : évitez au maximum les angles pour diminuer la mortalité des micro-organismes au moment de la pulvérisation. Evitez pour cela les buses miroir et privilégiez des buses gros diamètre, permettant tout de même de faire un brouillard et non des gouttelettes.
- La dose : il semble qu'il y ait un effet dose. Les préconisations vont de 100 à 500 L/ha. Selon nos observations, des effets intéressants apparaissent à partir de 200 L/ha.

Le TCO est facile à réaliser (compter 1 heure de travail pour 1000L) et relativement bon marché à produire : environ 0,6 €/L (pour un TCO « complet ») et 600 € d'investissement qui pourront servir pour au moins 100 cuves de 1 000 L. Il nécessite cependant une vraie rigueur sur la qualité du compost à utiliser, l'hygiène à respecter et le timing de préparation.

Produits et temps	Qté/1000L	Prix ~€	€/1000L
Compost de haute qualité	10kg	1€/kg	10 €
Acides humique et fulvique	0.5L	4.5€/L (AB)	2 €
Acides aminés	1.5L	10€/L	15 €
Algues	1.5L	10€/L	15 €
Temps passé	1 heure	15€/heure	15 €
PRIX POUR 1000L		57 €	
PRIX PAR LITRE		0.06 €	
PRIX PAR HA (200L)		12 €	

Equipements /1000L	Prix
Soufflante	200-500€
Cuve 1000L	50-200€
Tuyaux	30€
TOTAL INVESTISSEMENT	+/- 600€

TABLEAU 9

Données économiques d'autoproduction de thé de compost. Coût horaire calculé à 1,5 x le SMIC.

Conclusions des essais de production de thé de compost

Le thé de compost est un biostimulant dont le procédé de production et les utilisations ont été bien étudiés et optimisés²⁵. L'autoproduction chez les agriculteurs s'est révélée facile et les tests d'utilisation ont montré des tendances encourageantes. De nombreuses recettes différentes existent, on peut ajouter plusieurs additifs au TCO (algues, acides humique et fulvique, trichoderma, guano, hydrolysat de poisson, etc.) pour lui conférer des propriétés supplémentaires, ou développer des micro-organismes spécifiques. On peut notamment « orienter » un TCO pour favoriser le développement soit des bactéries, soit des champignons.

Optimiser le compostage

Le compostage est un processus biologique aérobiose permettant de transformer des matières premières organiques en un produit stable, riche en composés microbiens, humiques et minéraux. Ce processus passe par deux phases: la dégradation réalisée par une communauté de micro-organismes provoquant une montée de température, et la maturation réalisée par une autre communauté qui transforme le tout en humus.

dans la pile et permettre une décomposition aérobiose. Les couches intérieures vont devenir anaérobiques et donc entrer en putréfaction (zones grises et noires sur la photo). Ce type de pile en décomposition dégagera des odeurs désagréables typiques des micro-organismes anaérobiques (œuf pourri, ammoniac, vinaigre). De plus, en étant exposée aux intempéries, la pile de compost perdra des nutriments à cause du lessivage de la pluie et de l'assèchement du soleil.

Produire un bon compost consiste donc avant tout à s'assurer que l'air circule bien, que les matières premières soient mélangées de manière homogène selon un ratio C/N équilibré, et que la température (entre 38 et 60°C) et l'humidité (entre 45 et 65 %) soient adéquates à l'intérieur de ce mélange. On peut suivre plusieurs stratégies en fonction du volume de matières à composter de l'exploitation, et du temps disponible:

Pour un agriculteur n'ayant pas d'activité d'élevage mais souhaitant tout de même obtenir un bon compost, notamment pour réaliser du thé de compost, le vermicompostage est une bonne option.

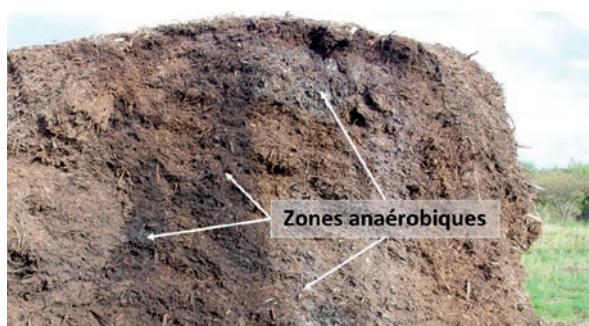


FIGURE 44 Pile de fumier en décomposition anaérobique

On a parfois l'illusion de faire du compost en empilant du fumier ou des résidus végétaux et en laissant le tout reposer sans rien faire. Il ne s'agit pourtant pas de compostage car l'oxygène ne pourra pas pénétrer suffisamment

²⁵ "Notes on compost teas". S. Diver. National Center for Appropriate Technology. Rural Business-Cooperative Service, U.S. Department of Agriculture. Mars 2002.

<https://www.planetnatural.com/wp-content/uploads/compost-tea-notes.pdf>



FIGURE 45 Bacs de vermicompostage chez un agriculteur du réseau

Pour un éleveur ayant peu d'animaux, ou des troupeaux majoritairement à l'herbe, les petits volumes de fumiers peuvent être alignés en andains avec un épandeur, et bâchés à partir

du moment où ils ne chaufferont plus. Il est préférable de réaliser des andains de faible hauteur pour minimiser la hausse de température et pouvoir les retourner et les humidifier.



FIGURE 46 Pile de fumier épandue en andain chez un polyculteur-éleveur. Humidifié car trop sec.

Pour un éleveur ayant beaucoup d'animaux en bâtiments, les grands volumes de fumiers peuvent être compostés de façon optimisée grâce à des brassages à l'aide d'un retourneur d'andain. Pour mener à bien cette technique

appelée thermocompostage, il faudra se munir d'un thermomètre pour s'assurer de brasser le compost dès qu'il atteint les 60°C. De cette manière on peut obtenir un excellent compost en trois mois, avec 5 brassages.



FIGURE 47 Exemple de petit retourneur d'andain

Les hydrolysats protéiques : les acides aminés solubles (AAS)

Avec les hydrolysats, il ne s'agit plus de repeupler le milieu en micro-organismes, mais de nourrir les microbes déjà présents dans le sol avec un liquide riche en acides aminés, bases de la construction des protéines. Pour cela on va casser des matières premières riches en protéines avec de l'eau : on parle d'hydrolyse (hydro « eau », lyse « couper »). A cela s'ajoute un processus de fermentation. Les matières premières peuvent être d'origine animale (sang, plumes, poisson, déjections, etc.) ou végétale (fauche de luzerne ou de trèfle, graines de soja ou de féverole, etc.).^{26 27}

Le plus difficile est d'éliminer les résidus et d'obtenir un produit 100% liquide qui n'obstrue pas les tuyaux, les filtres et les asperseurs. Mieux vaut travailler à partir de matières organiques riches en protéines et faciles à liquéfier, par exemple des résidus de poissons ou de sang. Cependant, pour respecter la réglementation française, nous avons choisi une matière première d'origine végétale et facilement disponible pour les agriculteurs du Sud-Ouest : le soja.

Nous remettons cependant ce choix en question après les expérimentations menées ces dernières années. En effet, l'autoproduction s'est révélée compliquée et les résultats sur le terrain n'ont pas été concluants (voir ci-dessous l'expérimentation d'apport localisé sur maïs, et page 34 [la fertirrigation sur prairie permanente](#)). Nous referons des essais l'année prochaine pour jauger ces tendances et nous nous réorierterons plutôt vers de l'hydrolysat de plantes légumineuses telles que la luzerne ou les trèfles, plus simples à produire et à hydrolyser.

ESSAI D'HYDROLYSAT PROTÉIQUE DANS LA LIGNE DE SEMIS SUR CULTURE DE MAÏS

Contexte: Appliquer des éléments nutritifs dans la ligne de semis permet de nourrir les plantes dès leurs premiers stades de développement. En agriculture conventionnelle, l'urée est utilisée à cet effet. Nous cherchons à évaluer la possibilité de remplacer l'urée par un hydrolysat protéique autoproduit.

Hypothèse: Un apport localisé d'hydrolysat de soja (réalisé avec du petit lait et de la mélasse) peut augmenter la vigueur des plants.

Objectif: a) Voir quel est l'effet de l'hydrolysat de soja. b) Définir les seuils minimaux et maximaux s'il y en a.

1) En labo

Plan expérimental: Deux témoins traités à l'eau ont encadré les modalités traitées à l'hydrolysat avec des doses différentes (équivalent 100, 200, 300 et 400 L/ha) sur 10 grains de maïs dans la même quantité de sable (200g).

²⁶ Les biostimulants organiques : L'exemple des hydrolysats de protéines. Académie des biostimulants. <http://www.biostimulants.fr/produits-utilisation/types-de-produits/les-biostimulants-organiques-lexemple-des-hydrolysats-de-proteines/>

²⁷ Biostimulant Action of Protein Hydrolysates: Unraveling Their Effects on Plant Physiology and Microbiome, G. Colla and al, Front. Plant Sci. 8: 2202. doi: 10.3389/fpls.2017.02202, 2017 <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.02202/full>

Résultats et interprétations : Plusieurs tendances ont été observées : l'infériorité du témoin, démontrant l'effet positif du produit, ainsi que l'apparition d'un seuil à partir de 200 L/ha. Ce seuil pourrait être expliqué par le fait que l'hydrolysat de soja fait avec du petit lait est un produit très acide (pH 3,8). Utilisé en grande quantité il pourrait alors avoir un effet négatif sur la croissance des plantes. C'est pour cela que nous avons systématiquement neutralisé l'hydrolysat avec du bicarbonate de soude ou de l'acide humique par la suite.



Modalité	Poids (g)	Hauteur (cm)
Témoin	8.7	28.7
Témoin	8.1	27.7
1 mL sur 9 graines, équiv. 100L/ha	8.1	30.7
1 mL sur 9 graines, équiv. 100L/ha	8.5	29.2
2 mL sur 9 graines, équiv. 200L/ha	9.8	29.7
2 mL sur 9 graines, équiv. 200L/ha	10.8	29.7
3 mL sur 9 graines, équiv. 300L/ha	10	30.6
4 mL sur 9 graines, équiv. 400L/ha	10.2	31.4

FIGURE 48 Résultats d'application de starter avec différentes quantités d'hydrolysat de soja, sur maïs

2) En champ, sur la ferme G (Gers)

Plan expérimental : Dans un second temps, une expérimentation sur le terrain a été menée sur un maïs cultivé en Semis direct sous Couvert Vivant (SCV) sur la ferme G (Gers). Nous avons essayé de simuler une application dans la ligne de semis, mais cela a été rendu difficile par l'absence de visibilité des sillons. L'hydrolysat a donc été dilué dans de l'eau et appliqué en plein sur le couvert roulé. Plusieurs doses d'hydrolysat ont été testées (de 0 à 1000 L/ha d'AAS), neutralisé (pH 6,8) ou non (pH 3,8), avec 0 et 75 unités d'azote additionnelles ($\frac{1}{2}$ fertilisation classique). Ces essais ont été encadrés par des témoins avec fertilisation classique (150 UN d'urée), et aussi comparés à un témoin.

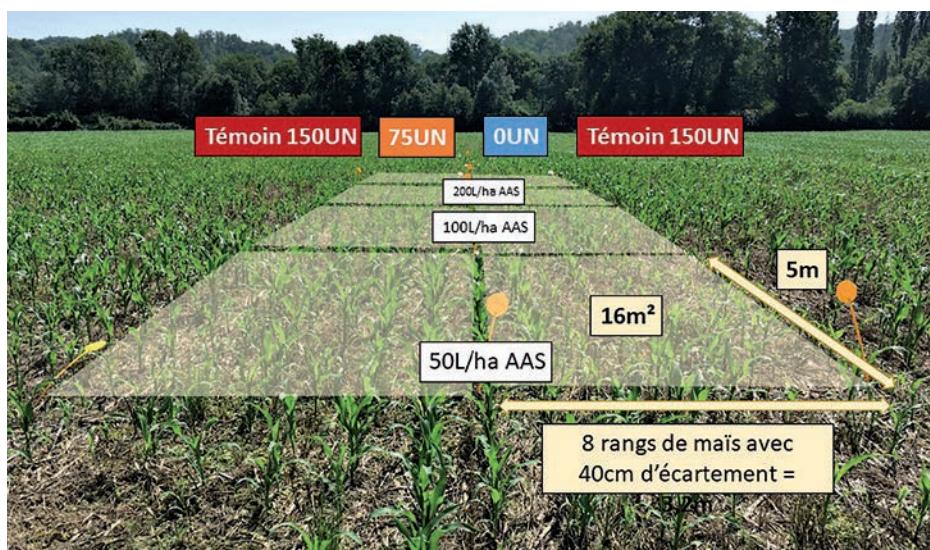


FIGURE 49
Photo de la parcelle avec plan du dispositif expérimental d'hydrolysat de soja sur la ligne de semis

Résultats et interprétations: Certaines modalités ont été impactées par des dégâts de sangliers. Pour pouvoir évaluer chacune d'entre elles de façon égale, nous nous sommes donc reposés sur le poids par épis moyen. Les résultats sont présentés sur le graphique ci-dessous :

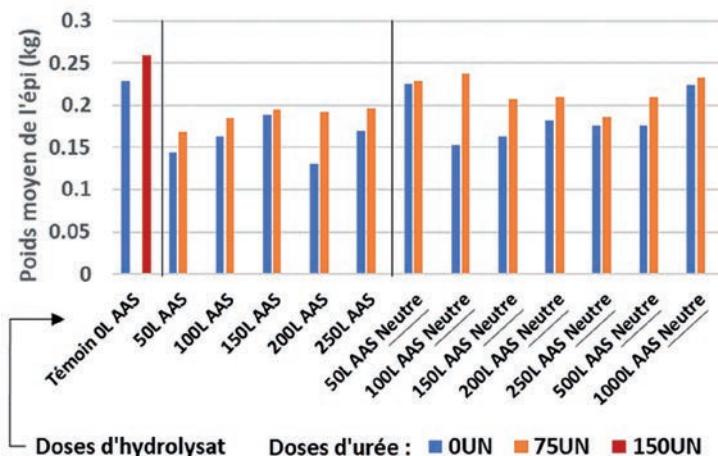


FIGURE 50

Résultats de l'essai hydrolysat de soja sur la ligne de semis d'un maïs

Premier constat : le poids moyen des épis du témoin à 0 UN est supérieur à quasiment toutes les modalités avec hydrolysat, neutralisé ou non. Cela semble montrer un impact plutôt négatif de l'hydrolysat sur le développement de la culture. Cependant, il est important de noter que le témoin 150 UN (fertilisation 100%) est peu éloigné de la moyenne des témoins 0 UN. En équivalent rendement, le 0 UN serait à 137 qx/ha et le 150 UN à 155 qx/ha, ce qui ne représente qu'une augmentation de +13%. Cela permet de déceler une certaine inertie du système chez cet agriculteur : une première année sans fertilisation conserve tout de même de bons rendements, chose qui a été confirmée par l'agriculteur. Il est donc difficile de tirer des conclusions sur l'hydrolysat dans ce contexte.

On peut noter que les résultats des essais où l'hydrolysat a été neutralisé sont significativement plus élevés, tout comme pour la modalité 50 L/ha d'AAS neutre. Il semblerait donc que l'acidité du produit ait un effet négatif sur la culture. On constate aussi cela en notant que le poids moyen de l'épi avec hydrolysat non neutralisé semble stagner malgré l'augmentation de la dose, à partir de 150 L/ha. Pour les hydrolysats neutralisés, le poids stagne à partir de 200 L/ha.



FIGURE 51

Photo du maïs au 05/07

FIGURE 52

Photo du maïs au 29/07

En conclusion, les résultats de l'hydrolysat de soja autoproduit sont médiocres. Il semblerait que le produit ait un effet négatif sur le développement de la culture dans ce système SCV. Ces résultats montrent que cette recette d'hydrolysat n'est pas encore adaptée.

Préparation de l'hydrolysat protéique à partir de soja

Pour 600 L d'hydrolysat de soja, ont été utilisés :

- 150 kg de farine de soja (broyé le plus finement possible afin d'extraire le plus de nutriments du soja) avec 150 kg de mélasse dans 700 L de petit lait.

Chez un premier agriculteur, la production a été faite sans agitateur, l'hydrolysat (et fermentation) a pris 3 mois. Avec un agitateur de cuve à lait nous avons réussi à diminuer ce temps de réaction à 3 semaines chez un autre agriculteur. Les conditions idéales de température pour la fermentation se situent autour de 22°C, il est donc conseillé de réaliser ce genre de préparation durant l'été. Nous avons estimé que l'hydrolysat de soja était prêt lorsqu'il n'y avait plus de bulle et qu'on ne sentait plus ni l'odeur de la mélasse, ni l'odeur de la fermentation active, et lorsque le pH était acide (inférieur à 4) et stabilisé. La phase liquide a été récupérée grâce à la pompe et aux filtres.

© Association Française d'Agroforesterie



FIGURE 53 Préparation de l'hydrolysat de soja, et produit fini en bouteille

Les hydrolysats peuvent être conservés dans des barils à l'abri du soleil pendant au moins un an (retour d'expérience). Plusieurs expérimentations nous ont portés à croire qu'avant l'utilisation de notre hydrolysat de soja il fallait **neutraliser son pH**. L'hydrolysat fait à partir de petit lait est très acide (pH 3,8) ce qui peut être négatif pour les cultures et la vie du sol. Nous avons donc ajouté du bicarbonate de soude ou de l'acide humique pour remonter le pH à 6,8 environ.

Pour l'hydrolysat que nous avons produit, nous avons apporté un équivalent de 45 kg de bicarbonate pour 600L de produit fini. La réaction entre la soude et l'hydrolysat génère beaucoup de mousse. Nous avons donc dû l'ajouter en plusieurs fois en agitant la solution, et en attendant que la mousse descende entre chaque ajout.

Produits et temps	Qté/1000L	Prix	€/1000L	Equipements /1000L	Prix
Farine de soja	250kg	0,40€/kg	100 €	Pompes + filtres	200
Mélasse	250kg	1€/kg	250 €	Agitateur	100
Bicarbonate de soude	75kg	0,50€/kg	38 €	Cuve 1000L	20-50€
Temps passé	2 jours	105€/jour	210 €	TOTAL INVESTISSEMENT	350 €
PRIX POUR 600L produit fini		598 €			
PRIX PAR LITRE produit fini		1.00 €			
PRIX PAR HA (200L)		199 €			

TABLEAU 10 Données économiques d'autoproduction de la recette d'hydrolysat de soja testée cette année par Agr'eau. Coût jour calculé à 1,5x le SMIC.

L'hydrolysat de soja est un intrant long à fabriquer, nécessitant beaucoup de temps de travail. Nous en avons produit pour un coût total de 1€/L. Cependant, le procédé utilisé était très artisanal et peu optimisé (le temps passé représente 50 % du coût total).

Conclusions des essais de production d'hydrolysat de soja

Le choix de graines de soja comme matière première a rendu le processus de fabrication compliqué. Il semblerait que l'utilisation du petit lait pour solubiliser le soja rende le produit inopérant à cause de son acidité. C'est pourquoi nous allons à présent nous orienter vers des matières premières d'origine végétale riches en protéines et en phytohormones, plus simples à hydrolyser, telles que les feuilles et tiges de plantes légumineuses. **La luzerne semble être l'alternative la plus intéressante.** Nous allons tester la recette de jus de plantes fermentées élaboré par des praticiens de l'agriculture naturelle coréenne²⁸. Des essais d'hydrolysat de luzerne ont déjà montré des impacts positifs sur la croissance de racines de maïs et l'assimilation d'azote²⁹.

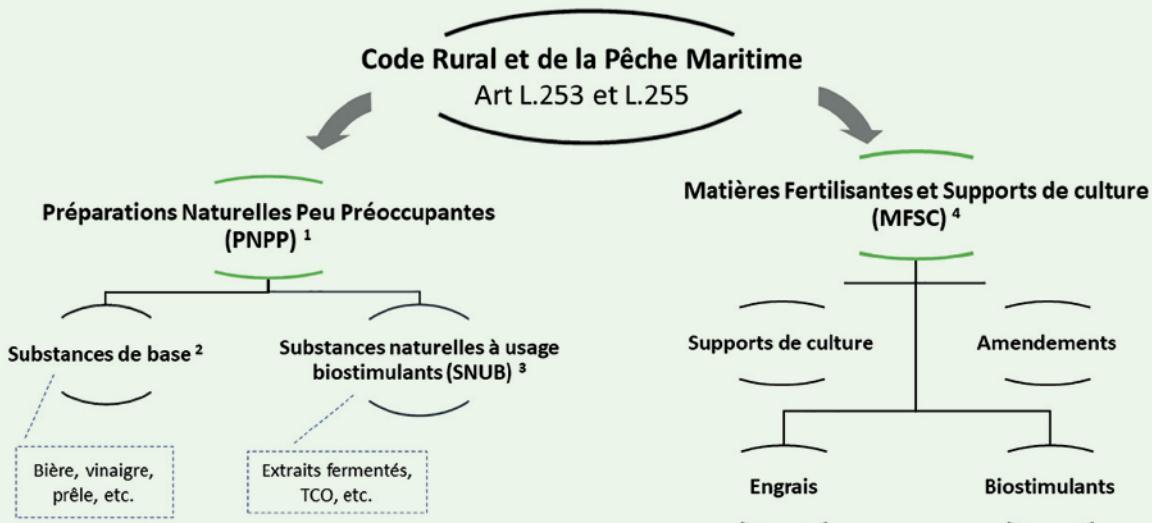
²⁸ Cho's Global Natural Farming, Rohini Reddy, publié par la South Asia Rural Reconstruction Association en 2011 <https://ilcasia.files.wordpress.com/2012/02/chos-global-natural-farming-sarra.pdf>

²⁹ Biostimulant activity of two protein hydrolyzates in the growth and nitrogen metabolism of maize seedlings, A. Ertani et al, 2009, J. Plant Nutr. Soil Sci., 172: 237–244

[https://www.researchgate.net/publication/229970506 Biostimulant activity of two protein hydrolyzates in the growth and nitrogen metabolism of maize seedlings](https://www.researchgate.net/publication/229970506_Biostimulant_activity_of_two_protein_hydrolyzates_in_the_growth_and_nitrogen_metabolism_of_maize_seedlings)

Zoom sur La réglementation relative aux biostimulants

L'article L253-1 précise qu'une « préparation naturelle peu préoccupante (PNPP) est composée exclusivement d'une substance de base ou d'une substance naturelle à usage biostimulant ». Cet article spécifie aussi qu'une PNPP doit être « obtenue par un procédé accessible à tout utilisateur final ».³⁰



¹ Notion française définie à l'article L.253-1 du Code Rural et de la Pêche Maritime. Pas d'AMM nationale mais conditions d'utilisations propres à chaque substances

² Liste tenue et mise à jour par l'ITAB : <http://substances.itab.asso.fr/fiches-substances-de-base>. Définies à l'article 23 du règlement 1107/2009

³ Définies à l'article D.255-30-1 du CRPM

⁴ Évaluées par l'ANSES et nécessitant une AMM

FIGURE 54 Explication de la réglementation actuelle et à venir sur les PNPP et MFSC. Mai 2021

Ensuite, l'article 1 de l'Arrêté du 27 avril 2016 stipule que les plantes ou parties de plantes médicinales déjà utilisables dans la pharmacopée peuvent servir de PNPP et entrent donc dans la composition des SNUB.³¹

L'article L255-1 du code rural et de la pêche maritime régit quant à lui les « matières fertilisantes » et y intègre les biostimulants. Leur définition française est « dont la fonction, une fois appliqués au sol ou sur la plante, est de stimuler des processus naturels des plantes ou du sol, afin de faciliter ou de réguler l'absorption par celle-ci des éléments nutritifs ou d'améliorer leur résistance aux stress abiotiques ».³² Cet article se calque désormais sur le texte européen présenté page suivante, (le Règlement (UE) 2019/1009) qui servira de référence pour harmoniser les biostimulants en Europe lors de son application en 2022.

³⁰ Article L253-1 du Code rural et de la pêche maritime :
https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000037556937

³¹ Article D4211-11 du Code de Santé Publique définissant la liste les plantes et parties de plantes pouvant être vendues par d'autres personnes que des pharmaciens :
https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000019377852/

³² Article L255-1 du Code rural et de la pêche maritime :
<https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGISCTA000030678486/>

La nouvelle règlementation

Le nouveau Règlement Européen des Matières Fertilisantes, soit le règlement (UE) 2019/1009 du 5 juin 2019, propose une nouvelle définition des éléments fertilisants et supports de culture selon leurs fonctions et leurs compositions. Cette nouvelle norme prévoit d'améliorer la qualité tout en respectant les exigences environnementales et sanitaires liées à l'utilisation de matières biostimulantes. En soi, il s'agira d'étudier l'innocuité et la composition des produits pour limiter les risques de contamination via des pathogènes (salmonelles, entérovirus, etc.) et des polluants (métaux lourds et composés organiques).

Sept catégories fonctionnelles (PFC)	Onze matières premières (CMC)
1. Engrais,	1. Substances et mélanges à base de matières vierges,
2. Amendement minéral basique,	2. Végétaux, Parties de végétaux ou extraits de végétaux,
3. Amendement du sol,	3. Compost,
4. Supports de culture,	4. Digestat issu de cultures principales,
5. Inhibiteur,	5. Digestat autre qu'issu de cultures principales,
6. Biostimulant des végétaux,	6. Sous-produits de l'industrie alimentaire,
7. Mélange	7. Micro-organismes,
	8. Polymères nutritifs,
	9. Polymères autres que des polymères nutritifs,
	10. Produits dérivés au sens du règlement CE n° 1069/2009,
	11. Certains produits dérivés de sous-produits animaux et des sous-produits au sens de la directive 2008/98/CE.

TABLEAU 11

Listes des groupes fonctionnels et de composition des Matières Fertilisantes et Supports de Culture (Listes évolutives)³³

L'avenir des biostimulants

Dorénavant, le texte européen découpera la catégorie des « biostimulants végétaux » en « biostimulant microbien des végétaux » et « biostimulant non microbien des végétaux », intégrant les biostimulants d'origine micro-organique.

Ce règlement, qui sera appliqué le 16 juillet 2022, harmonisera les textes relatifs aux biostimulants ainsi que l'étiquetage des produits au sein des pays membres. En espérant que les agriculteurs ne soient pas tributaires d'un système réduisant les libertés des autoproductions à la ferme.

A ce jour les EM et TCO ne sont donc pas clairement définis par la législation, en mouvement régulier, sur les « biostimulants ». Les EM, composés de micro-organismes, ne répondent pas à la réglementation des SNUB mais plutôt à la définition européenne des biostimulants microbiens des végétaux. Les TCO pourraient quant à eux se rapprocher des SNUB si l'on en croit le cahier des charges portant sur ces mêmes substances, publié par l'ITAB courant 2021. Leur commercialisation est quant à elle réglementée, soumise à AMM. Pour les bios, il est nécessaire que les matières premières soient homologuées, la solution finale et son utilisation restent semble-t-il à l'appréciation du contrôleur.

³³ Règlement (UE) 2019/1009 du parlement européen et du conseil du 5 juin 2019 : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1009&from=FR>

4. Essai de silice comme fongicide sur culture de blé tendre

Certaines plantes, dont le blé, sont très sensibles à la présence de silice pour leur développement végétatif. L'élément silicium (Si) donne aux plantes plus de résistance contre les pathogènes en leur permettant de renforcer la paroi de leurs cellules et tissus, plus difficiles à attaquer par les ravageurs³⁴. Dans la solution nutritive, la silice protège les racines contre les champignons pathogènes tels que le pythium et le fusarium. Le silicium joue également un rôle métabolique clé en permettant l'absorption et le transport par les plantes des autres éléments.

Plusieurs solutions commerciales sont aujourd'hui proposées comme biostimulants pour booster la nutrition des plantes grâce au silicium. Deux expérimentations ont été menées sur blé tendre en partenariat avec RAGT, chez un des agriculteurs du réseau Agr'eau (ferme E, Aveyron) et 3 autres agriculteurs hors du réseau Agr'eau (A, B, C).

Contexte: Deux essais ont été menés sur la ferme E (Aveyron), sur un blé tendre d'hiver semé en direct dans un sol sablo-limoneux bien pourvu en MO (4,6%).

Hypothèse: La silice permet d'avoir des plantes plus saines, cela sera vérifié par le rendement et la qualité du grain (PS et taux de protéines). La demi dose de traitement fongicide classique complétée d'un produit contenant de la silice permet d'obtenir le même résultat que le même fongicide seul en dose pleine.

Objectif: Evaluer l'efficacité antifongique (agronomique et économique) de la silice sur blé tendre.

ESSAI AVEC LE PRODUIT BASFOLIAR SI®

Plan expérimental: Essai avec le produit Basfoliar Si® (6,8 g de Si/L sous forme d'acide orthosilicique) de chez Compo Expert, et Siliclassique® de chez LGB Bio. Un témoin est comparé à deux modalités avec moitié moins de fongicide et 1 L de Basfoliar Si® ou 1 L de Siliclassique®. Sur la ferme E, le blé a été semé en semis direct, les fongicides utilisés étaient le Elatus Era® et le Ceando® (respectivement 0,8 et 0,6 L/ha en dose pleine).

Résultats et interprétations: Il semblerait que le silicium du produit Basfoliar® n'ait pas réussi à compenser la diminution de moitié de fongicide, chez l'agriculteur Agr'eau. Le rendement du blé a été trop faible et, même avec les économies réalisées sur les fongicides, cette modalité obtient une marge inférieure au témoin, de 120€/ha. Cela est à mitiger avec les bons résultats obtenus chez les autres agriculteurs, où les produits à base de silicium, associés à la diminution de fongicides, ont amélioré systématiquement la marge. L'autre produit, Siliclassique®, obtient d'excellents résultats chez les trois agriculteurs l'ayant testé, il semble être plus performant. En effet, tout en baissant les charges de traitement, les rendements obtenus sont systématiquement supérieurs au témoin avec des gains de marges très intéressants.

³⁴ Biostimulant activity of silicon in horticulture, Savvas D. et Ntatsi G., 2015 Scientia Horticulturae, Vol.196, pp. 66-81. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423815301746>

Antifongique	Coût/ha	Différence / Témoin (€/ha)	Rdt (qt/ha)	Différence revenu/ha	Différence marge/ha
A. Témoin	56.0 €		71.9		
A. 1/2 fongi + Basfoliar	44.0 €	12.0 €	77.2	80.6 €	+87 €
A. 1/2 fongi + LGB Bio	48.0 €	8.0 €	77.5	85.1 €	+94 €
B. Témoin	19.5 €		75.8		
B. 1/2 fongi + Basfoliar	9.8 €	9.8 €	79.9	62.3 €	+78 €
B. 1/2 fongi + LGB Bio	9.8 €	9.8 €	83.3	114.0 €	+133 €
C. Témoin	23.4 €		71.4		
C. 1/2 fongi + Basfoliar	12.5 €	10.9 €	73.5	31.9 €	+48 €
C. 1/2 fongi + LGB Bio	12.1 €	11.3 €	74.4	45.6 €	+63 €
Ferme E. Témoin	79.4 €		70.7		
Ferme E. 1/2 fongi + Basfoliar	55.7 €	23.7 €	62.4	-126.2 €	-120 €

TABLEAU 12

Résultats des essais et impact économique des différents essais de silice sur une base de prix de 15,2€/q de blé tendre

Bien que le rendement de l'essai avec silicium fut plus faible chez l'agriculteur du réseau Agr'eau (ferme E), la teneur en protéines était en revanche bien supérieure (13,2% contre seulement 11,8% pour le témoin).

ESSAI AVEC LE PRODUIT FLORECAL ESSENTIEL®

Plan expérimental: Essai avec le produit Florecal Essentiel® (45 % de SiO₂ et 26 % de CaO) et de la chaux vive de chez Chaux Saint-Pierre. Cet essai a été réalisé chez plusieurs agriculteurs (D, E, F, G) et sur la ferme Agr'eau E (Agri). Tous ont mis en place un témoin non traité et la modalité Florecal à 400kg/ha. Nous avons en plus testé une modalité chaux vive à 300kg/ha sur la Ferme Agr'eau.

Résultats et interprétations: Sur cet essai, la solution de silicium a permis d'augmenter les rendements de l'agriculteur du réseau Agr'eau, de sorte que cela compense le surcoût du produit, améliorant la marge brute de 102,46€/ha. Ce n'est pas le cas pour la chaux vive, qui a aussi obtenu un meilleur rendement mais insuffisant pour compenser la dépense supplémentaire.

Chez les autres agriculteurs, les résultats sont très variables, la solution de silicium impactant négativement ou positivement la marge (de -98 à +35€/ha). Il est donc difficile d'en tirer des conclusions. Cependant, le taux de protéines pour la modalité avec le silicium est toujours supérieur au témoin, sauf chez l'agriculteur du réseau Agr'eau, où le taux du témoin est plus élevé ; mais on constate qu'il a aussi un taux plus élevé que les autres agriculteurs avec le silicium.

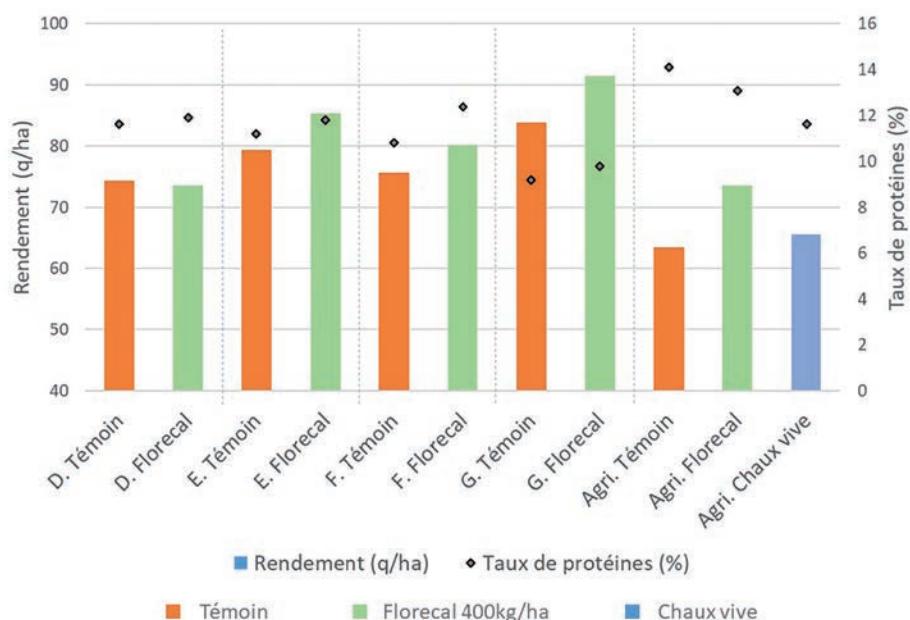


FIGURE 55
Résultats des différents essais selon les lieux d'expérimentation

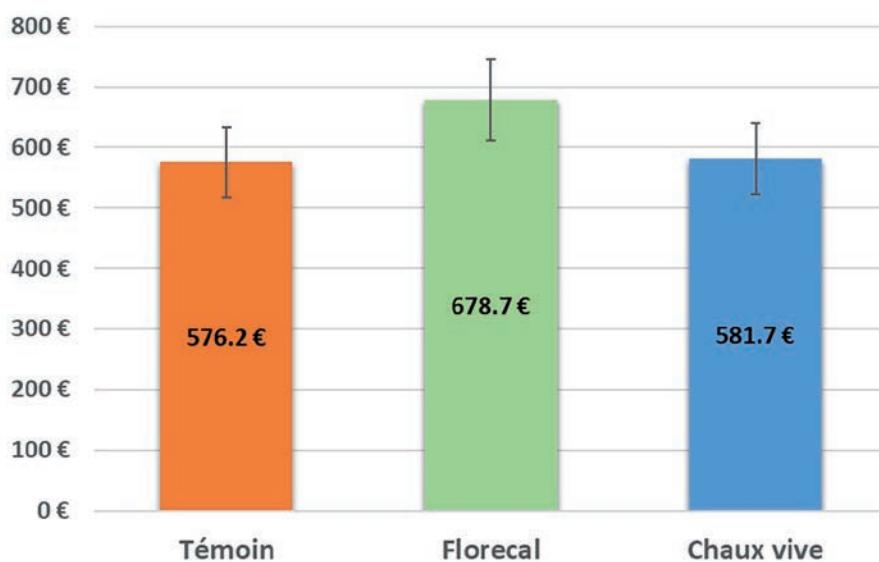


FIGURE 56
Marge brute des différentes modalités de bioproduits apportés sur blé (€/ha)

© Association Française d'Agroforesterie



FIGURE 57 Photos des essais d'application de silicium sur blé tendre

5. Essai de sucre sur maïs en foliaire

Les sucres solubles envoient des signaux à la plante et aux insectes. Des infra-doses (de l'ordre de quelques ppm) à la surface de la plante entraînent une réaction systémique appelée antixénose, qui aboutit à une résistance vis-à-vis de l'insecte: la plante « rejette » le ravageur, ce qui l'incite à se tourner vers un autre individu. Augmenter les doses n'augmente pas la résistance. Le saccharose (sucre de canne ou de betterave) à 10 ppm ou le fructose (sucre des fruits ou des miels « liquides ») à 0,1 ppm permettent de réduire la ponte des pyrales aux premiers stades du maïs (calcul des ppm: 10 ppm = 1g/100L). La pulvérisation doit avoir lieu tôt le matin (entre 8 et 9h), quand le taux de sucre de la plante est le plus bas. La vitesse de pénétration sera alors plus élevée. Malgré de nombreux retours d'expériences, les mécanismes exacts de l'antixénose ainsi que l'effet du sucre sur l'activité des insecticides sont encore mal connus.



© Florent Ruyet CA47

FIGURE 58

À gauche, chrysalide de sésame. Au centre, larve de sésame. À droite, galerie d'une larve de sésame dans un épi.

Contexte: L'essai a été mené sur un maïs grain irrigué sur sol limono-sableux. Fin février l'agriculteur a repris les lignes de strip-till faites en octobre en ajoutant 120 kg/ha de 18-46 en localisé. Le maïs a été semé le 27 mars à 84 000 gr/ha à 80 cm d'écartement avec 60L/ha de 12-61-0. Deux désherbages ont été réalisés, un en pré-levée pour gérer le liseron et un en post-levée pour gérer les panics. Au stade 4 feuilles et au dernier passage, 200 kg/ha d'urée ont été épandus. 4 tours d'eau de 30 mm ont été apportés, dont le dernier au 10 août.

Objectif: Tester si l'application de saccharose a un effet visible sur les foreurs dans les conditions au champ.

Plan expérimental: L'essai a été conduit en bandes adjacentes de 18 rangs sur à peu près 50 mètres. Le sucre utilisé est un sucre de canne roux acheté en vrac dans le commerce. Le Coragen® est un insecticide, avec 200 g/l de chlorantraniliprole. La matière active se fixe aux récepteurs à ryanodine des insectes, agissant par épuisement des réserves de calcium intracellulaire dans les fibres musculaires, et causant la contraction incontrôlée des muscles, la paralysie puis la mort de l'insecte. Il agit autant sur les œufs que sur les larves. Il agit sur les lépidoptères et sur certaines espèces de diptères et coléoptères.³⁵

35 Index Acta, 2020

Le tableau ci-dessous présente et détaille les différentes modalités.

Témoin	C1	C1 + C2	C1 + s	[C1 + s] + C2
Pas de traitement insecticide	0,025 L/ha de Coragen (fin avril ; stade 4 F)	C1 + 0,08 L/ha de Coragen (début juin ; stade 8-10 F)	Ajout de 10g/ha de sucre dans la bouillie du passage c1	

TABLEAU 13

Détail des différentes modalités d'ajout de sucre à l'insecticide appliqué en foliaire sur maïs

Résultats et interprétations: Pour chaque traitement, 25 cannes de maïs (5 cannes x 5 plaquettes) sont examinées au niveau du nombre de larves, du niveau d'attaque de l'épi et de la longueur des galeries creusées par les larves.

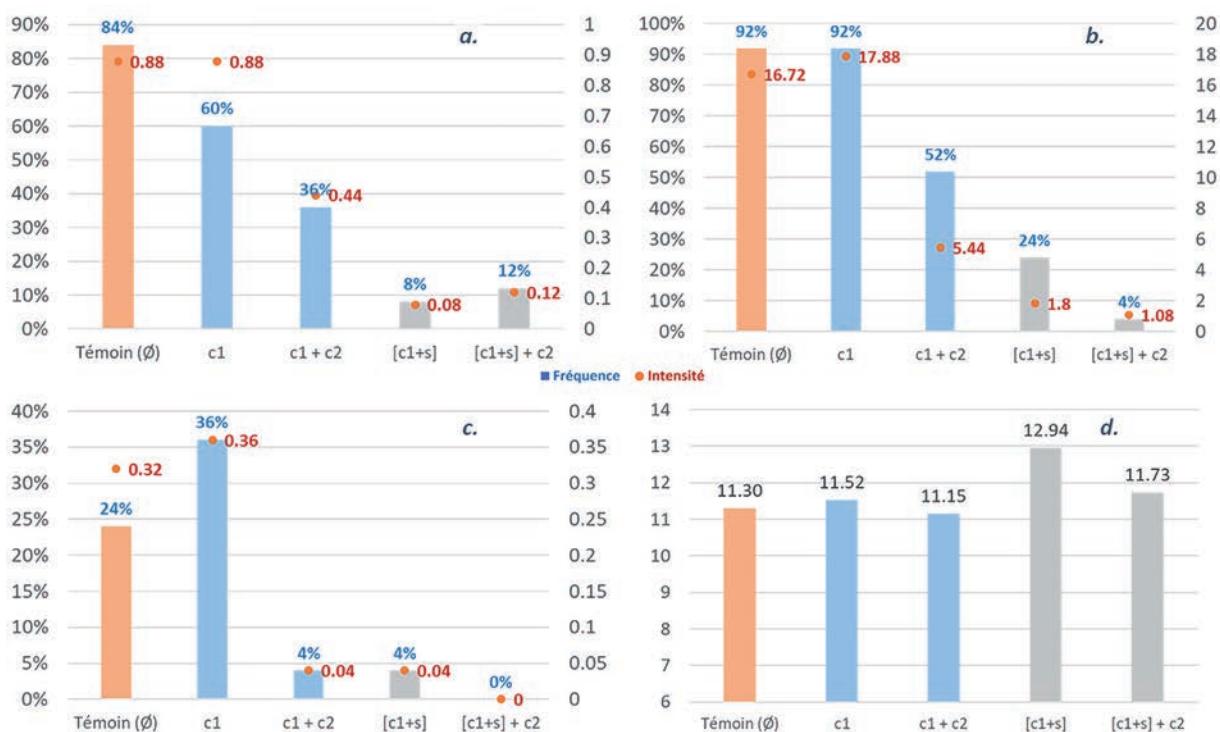


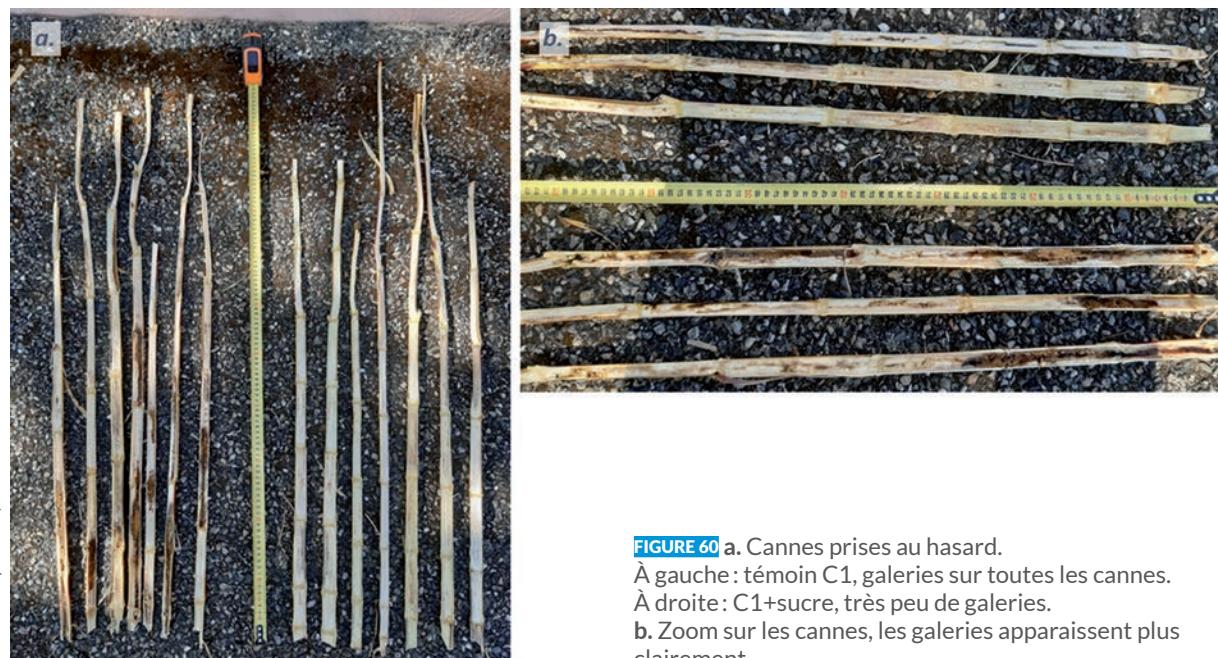
FIGURE 59 a. Attaques de sésamis b. Galeries dans les tiges c. Attaques des épis d. Rendement du maïs (t à 15 % MS/ha) en fonction des modalités

Comme le montre la figure 59, il y a une très forte pression du ravageur sur le témoin : 84 % des cannes hébergeant au moins une larve (a) et 92 % des cannes avec des galeries d'une moyenne de 16,72 cm/canne (b). Le témoin a peut-être été sur-attaqué suite aux traitements des parcelles adjacentes.

Le Coragen seul® (C1) semble réguler la pression des sésamies, sans pour autant réduire les dégâts (galeries de tiges et attaques d'épis). Deux applications de Coragen® semblent mieux protéger le maïs, et assurent un meilleur rendement (Fig. 59 d).

Sur les modalités avec sucre, on observe de meilleurs résultats, autant sur les attaques que sur les rendements. Les larves sont peu nombreuses et celles qui sont présentes ne creusent que de petites galeries. Les épis peuvent se remplir plus efficacement.

Enfin, un passage de Coragen® avec du sucre semble plus efficace que 2 passages de Coragen® seul (d).



Peu coûteux, facilement disponible et non toxique pour l'environnement, le sucre a tout intérêt à être utilisé aux stades précoce du maïs pour la gestion de la première génération de foreurs. Ces premiers résultats encourageants ouvrent des pistes et questionnements : le sucre repousse-t-il véritablement les papillons, ou améliore-t-il simplement l'efficacité du Coragen® ? Un test de sucre seul devra être conduit pour y répondre. Si une parcelle entière est traitée avec du sucre, sera-t-elle protégée ou faut-il laisser des zones refuges (non traitées) pour concentrer les attaques sur ces zones là et conserver la sensibilité des papillons au sucre ? Il faudrait mettre en place un essai à deux modalités, l'une sur une parcelle traitée en entier et l'autre sur une parcelle avec des zones refuges.

2 Couverts et associations de cultures

Ces dernières années, de nombreuses avancées techniques ont été réalisées concernant les couverts végétaux, montrant leur intérêt pour diminuer l'utilisation de pesticides³⁶, mieux gérer les adventices³⁷ et mieux protéger la ressource en eau³⁸.

Les essais d'associations de cultures se multiplient pour augmenter l'efficience de l'implantation et diminuer les intrants³⁹. Dans les deux cas, les principaux défis résident dans le choix des espèces et sa gestion, de l'implantation à la destruction.

1. Essais collectifs d'implantation de couverts d'été avant moisson

Dans le Sud-Ouest, une implantation réussie d'un couvert après-moisson reste encore un défi majeur. L'absence de plantes vivantes après la récolte crée une rupture, néfaste pour la biodiversité et la conservation du sol, qui est alors directement soumis aux aléas climatiques (pluies estivales à fort potentiel érosif, UV, etc.). Pour ces raisons, la technique d'implantation d'un couvert à la volée avant moisson, capable de rester vigoureux après récolte pendant les étés chauds et secs est un des axes d'expérimentation testés depuis 2018 avec les agriculteurs du réseau.

Un partenariat a été développé avec des groupes semenciers (Caussade semences et RAGT semences), un groupe de 29 agriculteurs, un lycée agricole et la plateforme agro-écologique d'Auzeville. L'objectif était d'expérimenter de manière collective tout en maintenant une réflexion dynamique entre le secteur privé et les producteurs. Des essais avaient déjà été mis en place en 2018 avec 13 agriculteurs. Beaucoup d'échecs ont été constatés, notamment dus au semis tardif (+/- 15 jours avant moisson, dans le sec) des couverts et à de fortes

³⁶ Influence of intercrop on plant growth and yield, S. Dane, V. Laugale, Conference: Annual 20th ISC Research for Rural Development 2014, At Jelgava, Latvia, Volume : 1

https://www.researchgate.net/publication/272093411_INFLUENCE_OF_INTERCROP_ON_PLANT_GROWTH_AND_YIELD <http://www2.lulvresearch.confProceedings20th volume1pdf>

³⁷ Summer Cover Crop Species Adapted to North-Central West Texas and Southwestern Oklahoma, B. Carr, G Rea, James E. "Bud" Smith Plant Materials CenterKnox City, Texas, 2014

https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_PLANTMATERIALS/publications/txpmctn12146.pdf

³⁸ Capture and use of water and radiation in summer intercrops in the south-east Pampas of Argentina Author links open overlay panel, L.Coll, A.Cerrudo, R.Rizzalli, J.P.Monzon, F.H.Andrade, Field Crops Research Volume 134, 12 August 2012, Pages 105-113

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429012001645>

³⁹ Guide Magellan, GIEE Magellan, 2019. <https://gieemagellan.wixsite.com/magellan/guide-culture-magellan> https://a8f8f996-9048-4137-99ce-13f063da3466.filesusr.com/ugd/a22602_b6888c7b4c2d4d85ab446367767712d9.pdf

précipitations qui ont entraîné des pertes importantes (sols battus, pourrissement des graines, limaces, etc.). Les points de vigilance des essais 2019 ont donc été :

- semer dans les conditions optimales du point de vue de l'agriculteur-expérimentateur tout en respectant les recommandations des semenciers (surtout la date de semis) ;
- se concentrer sur des mélanges d'espèces qui ont fait leurs preuves ;
- faire attention à la rémanence des herbicides (sulfonylurées par exemple) ;
- augmenter la densité de semis de 20 à 30 % ;
- adapter la hauteur de la barre de coupe de la moissonneuse pour ne pas dégrader le couvert en place.

Essais 2019

En 2019, le groupe de 31 expérimentateurs a été constitué de manière à couvrir une zone géographiquement étendue tout en rassemblant des systèmes de productions différents.

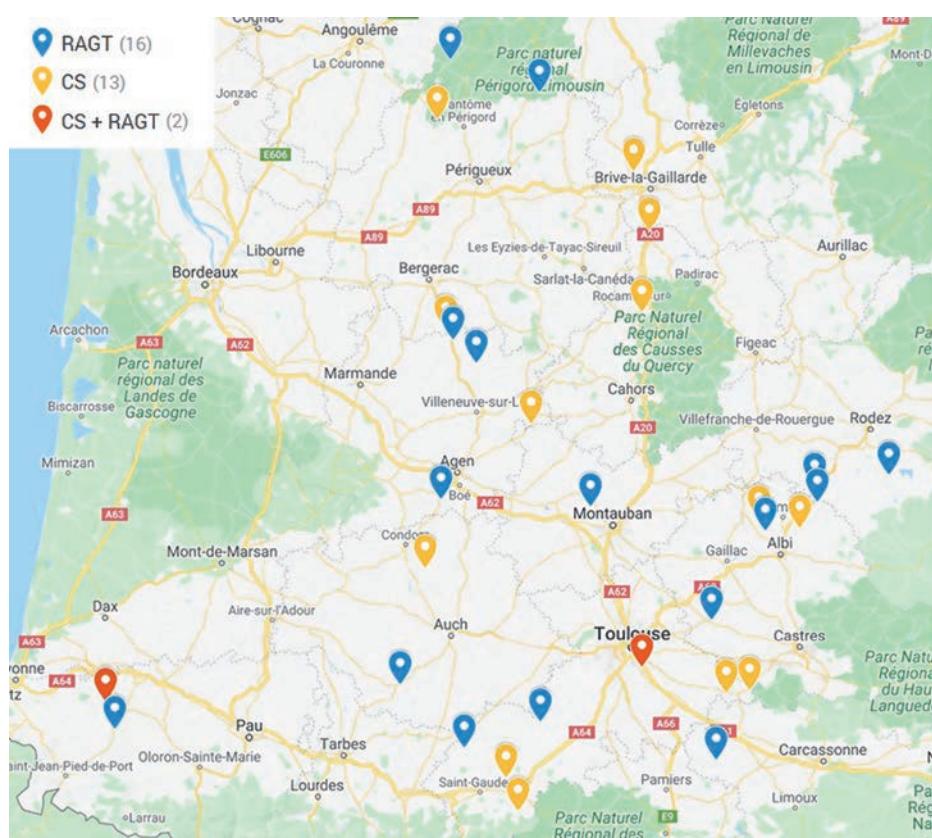


FIGURE 61
Carte des 31 fermes
du groupe d'essais
couverts d'été

Deux protocoles ont été testés :

- Le protocole RAGT a consisté à semer un couvert permanent de trèfles variés (RGT Mix trèfles blancs®) à la fin du tallage de la céréale, puis un couvert d'été (RGT Estimax Multi®) composé de 6 espèces à la période des moissons.
- Le protocole Caussade a consisté à réaliser un semis précoce de couvert d'été, juste à la fin de la montaison, composé d'un mélange de 7 espèces, base sorgho.

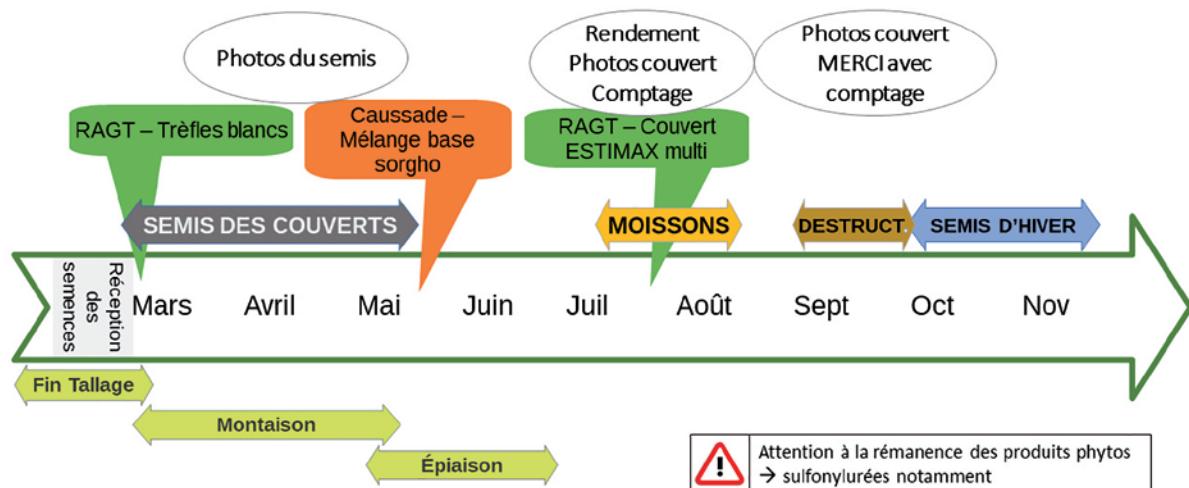


FIGURE 62 Frise chronologique présentant les différentes étapes des essais

Le tableau ci-dessous présente la composition des couverts ainsi que les modalités de semis.

Groupes	Mélange	Composition	Densité semis	Prix/ha
RAGT	Couvert permanent RGT Mix trèfles blancs®	38% trèfle blanc intermédiaire GABBY 32% trèfle blanc géant TIVOLI 30% trèfle blanc nain ALICE	3 kg/ha	20-30 €/ha
RAGT	Couvert d'été RGT Estimax Multi ®	37% pois fourrager 20% tournesol 13% sorgho fourrager 12% vesce pourpre 12% lin 6% moutarde d'Abyssinie	40 kg/ha	70-90 €/ha
Caussade	Mélange sur mesure	20% sorgho LURABO 20% trèfle incarnat BOLSENA 15% trèfle d'Alexandrie AKENATON 15% trèfle vésiculeux SANTANDER 15% tournesol BELINDA 10% moha fourrager TARDIVO 5% chia	17 kg/ha	50-70 €/ha

TABLEAU 14

Les différents couverts végétaux d'été testés collectivement en 2019 par le réseau d'agriculteurs Agr'eau

Compte tenu de la forte variabilité des résultats (couverts qui n'ont pas poussé, agriculteurs qui ont renoncé à semer, etc.), plutôt qu'une analyse quantitative de données, nous avons préféré retranscrire dans ce cahier une série de témoignages représentant les diverses opinions et réflexions suite à cet essai :

Joël Barthes (Agriculteur expérimentateur en Aveyron)

« Concernant le trèfle blanc, il était bien présent dans les zones maigres où le blé était moins dense et moins haut, et les zones où il y a eu un manque au semis du blé. Je pense donc qu'il y a eu concurrence sur la lumière et sur l'eau car sur les zones où il est présent, il y a eu la même fertilisation.

Donc ce paramètre n'est pas en cause. Je pense qu'il faut réessayer l'année prochaine avec des blés moins hauts et aussi avec un semis de blé un rang sur deux pour reproduire l'effet manque au semis du blé, avec pour objectif un couvert estival résistant et valorisable dès la sortie de moisson.

Il faut noter que le couvert implanté après moisson, sur base sorgho, n'a pas poussé où le trèfle était implanté. L'idée de départ consistant à dire que le trèfle permettrait de conserver la fraîcheur et ainsi de faciliter l'implantation du couvert d'été après moisson n'est donc pas la bonne piste. Surtout avec les conditions particulièrement séchantes cette année, qui le seront peut-être encore davantage l'année prochaine. »



© Association Française d'Agroforesterie

FIGURE 63 Couvert RAGT semé le 13/08 où l'on voit bien que le couvert est présent là où la céréale lui a laissé la place, la lumière. Photo prise chez Joël Barthes le 31/08.

Serge Moncet

(Conseiller technique, groupe semencier RAGT)

« Cette année nous avons pu observer différents paramètres qu'il va falloir étudier à l'avenir. Globalement, on observe beaucoup d'échecs. Pour moi les causes sont principalement :

- sol particulièrement froid ce printemps, qui a fortement ralenti la levée et la croissance du trèfle ;
- un trèfle davantage exposé à la pression limace avec de nombreux dégâts constatés ;
- manque de lumière lié à une fin de cycle très favorable à la céréale (+25 Qx en moyenne en zone de plaine) qui a fortement concurrencé le trèfle. Dans le cas de Joël Barthes, la fin de cycle a été très favorable à la production de biomasse de la céréale mais les grosses chaleurs du mois de juin ont fortement pénalisé son rendement avec une double sanction sur la présence du trèfle et le rendement de la céréale.



© Association Française d'Agroforesterie

FIGURE 64 Trèfle dans le blé au stade dernière feuille. Photo prise le 6/06 chez Joël Barthes.

Dans la recherche d'une couverture végétale maximale, cette technique de semis à la volée est en théorie très efficace, mais nous devons chercher les bonnes espèces et variétés, les doses et surtout les dates et conditions de semis. »

Lénaïg Tanguy

(Chambre d'agriculture 46)

« Ce type d'implantation est très aléatoire car les étés sont trop secs, avec certes quelques orages possibles.

Il faudrait essayer des semis plus précoces, quand de l'eau est encore à venir (bien avant juin). »

Amandine Breque
(Agricultrice expérimentatrice
en Haute-Garonne)

« Comme tous les ans, cette année fut une année particulière. Le printemps humide a maintenu le blé vert, avec peu de lumière au sol ; la dessiccation s'est faite tardivement et brutalement, supprimant le trèfle. Cette technique me paraît trop aléatoire. Un couvert de sorgho et/ou tournesol en sortie de moisson me semble beaucoup plus approprié, réalisable et transposable. »



© Association Française d'Agroforesterie

FIGURE 65 Estimax® semis fin août. Photo prise le 31/10.
1 mois après 40 mm en septembre.

Carole Merienne
(Chambre d'agriculture 31)

« Cette année, il y a eu deux cas de figure : ceux qui n'ont pas semé l'essai car les conditions ne leur ont pas paru favorables et ceux qui ont semé avec des couverts qui n'ont pas résisté à la sécheresse qui a débuté tôt dans l'année, et même dès l'automne 2018. Malgré cela, on observe une bonne levée de manière générale. Nous devons encore

travailler sur cette thématique. Pour la suite, nous savons que les sorghos et tournesols fonctionnent après moisson dans la majorité des cas. A mon avis, nous devons assurer l'implantation du couvert et obtenir de bons résultats 4 années sur 5 minimum. Pour cela, des essais variétaux de ces deux espèces me semblent très pertinents. »

Manue Bonus
(EHLG, 64)

« Alain et Michèle Claverie, EARL ATXIKI sont en polyculture en non labour depuis 2003 et élevage porc basque en AOP Kintoa à Behasque au Pays Basque. Le climat océanique du territoire permet de bénéficier d'une pluviométrie de 1400 mm par an même en période estivale. Des semis de différents couverts estivaux ont été réalisés en semis direct et en travail très simplifié (1 passage de déchaumeur à disque à 5 cm de profondeur)

derrière la récolte du blé au 19/07. Le passage de 20 m³/ha de lisier de porc et 10 mm de pluie ont permis une bonne levée. Le semis direct n'a pas donné de bons résultats car le contact sol/graine n'était pas optimal avec le semoir direct à disque testé (un semoir à dent aurait été plus efficace en période estivale). De plus, une trop forte concurrence avec la sétaire était présente (jusqu'à 2 tMS/ha de sétaire).

Sur les 18 mélanges semés, certains ont donné de très bons résultats en 2 mois seulement, notamment ceux à base de sorgho fourrager, tournesol, sarrasin :

- Sorgho fourrager Jalisko 20 kg/ha + cowpea 12 kg/ha : 7,3 tMS/ha de biomasse
 - Sarrasin à 30 kg/ha : 6 tMS/ha de biomasse
 - Estimax (sorgho f, pois, vesce, tournesol, lin, moutarde...) à 40 kg/ha : 8 tMS/ha de biomasse
 - Chloro activ (trefle, vesce) à 5 kg/ha : 5,4 tMS/ha de biomasse
 - Chloro go eco (moutarde blanche, phacélie, trèfle) à 6 kg/ha : 4,2 tMS/ha de biomasse
- Un essai de semis à la volée de sorgho fourrager dans le blé au mois de juin a donné lui aussi de très bons résultats : 7 tMS/ha 2,5 mois après le semis. 3 facteurs ont permis d'avoir ce résultat : sol grumeleux, enrobage de semence et pluie estivale. »*



© EHLG

FIGURE 66 Estimax® au 30/08, semé le 19/07

Florent Ruyet (CA47) et Mathieu Martinet

« Le 27 mai 2019, le mélange de trèfles blancs a été semé à la volée à très forte densité (environ 15 kg/ha), sous un couvert de maïs (stade 4-5 feuilles). Après la récolte, le trèfle était présent mais très peu développé, avec seulement quelques plantules à 3-4 feuilles trifoliées. Par la suite, 2 passages de déchaumeur à disques et un passage de herse rotative ont été réalisés, avant un semis de maïs le 17 avril 2020. Avant destruction le trèfle fournissait 6,3 tMS/ha. Il a très rapidement colonisé l'espace et a permis la maîtrise des adventices et l'amélioration de la fertilité du sol (stockage d'azote, structuration, etc.). Bien que les rendements de la modalité trèfle (5,21 tMS/ha à 15 % d'humidité) et du témoin nu (5,14 tMS/ha à 15 % d'humidité) soient très proches, le trèfle a permis de semer dans de meilleures conditions. Par ailleurs, la modalité sol nu a dû être ressemée suite à une levée hétérogène, ce qui a occasionné des coûts supplémentaires. »



© Florent Ruyet (CA47)

FIGURE 67 Trèfles blancs au 1 avril 2020. Les adventices sont bien maîtrisées.



© Florent Ruyet (CA47)

FIGURE 68 Maïs au 3 juin 2020. À gauche : avec précédent couvert de trèfles blancs. À droite : sans trèfle blancs et non ressemé.

Essais 2020

Contexte: Les essais 2018 et 2019 ont montré le caractère assez aléatoire des semis de couverts à la volée avant moisson. Il a donc semblé trop optimiste de « jeter les graines en l'air » en espérant un bon résultat. Les différents retours d'expériences nous montrent tout de même quelques paramètres permettant de meilleurs résultats: des espèces adaptées (sorgho, tournesol, etc.), des conditions pédoclimatiques favorables (sol non battu, pas trop frais), une pénétration de lumière suffisante sous la culture. Nous avons donc décidé de conduire de nouveaux essais de semis à la volée, en associant la technique d'enrobage des semences. En effet, cela pourrait permettre à la graine de se développer dans de meilleures conditions, de lier les petites et grosses graines pour un semis plus homogène, d'assurer une protection physique des graines pour temporiser la germination, d'apporter des nutriments.

Objectif: Voir si l'enrobage des graines en semis à la volée apporte de meilleurs résultats (levée, biomasse)

Plan expérimental: 2 mélanges semenciers nous ont été proposés :

- Caussade Methanicou : Niger tardif, Sorgho fourrager, Tournesol,
- RAGT Estimax Multi : Sorgho fourrager, Pois fourrager, Vesce pourpre, Lin, Tournesol, Moutarde d'Abyssinie, et ont été distribués selon une répartition géographique définie, pour permettre un essai collectif multi-contextes. Chaque agriculteur a reçu le même mélange enrobé et non enrobé et a semé à deux périodes: 1) à floraison du blé et 2) après moisson. Le tableau ci-après détaille les différentes modalités.

MODALITÉS	MÉTHODE	ENROBAGE	DATE DE SEMIS	DENSITÉ (KG/HA)	SURFACE
VOLÉE TEMOIN (VT)	Volée	Non	A floraison du blé	RAGT : 40 CAUSSADE : 20	~ 50 m ²
VOLEE ENROBÉ (VE)	Volée	Oui	A floraison du blé	RAGT : 40 CAUSSADE : 20	~ 50 m ²
SD TEMOIN (ST)	Semis direct	Non	Le plus tôt possible après moisson	RAGT : 40 CAUSSADE : 20	~ 2000 m ²
SD ENROBÉ (SE)	Semis direct	Oui	Le plus tôt possible après moisson	RAGT : 40 CAUSSADE : 20	~ 2000 m ²

TABLEAU 15

Détail des différentes modalités testées

Produit	Phase	Quantité	Coût (€/quintal)
Acides humiques et fulviques	Liquide	1 L/quintal	4.5 €
Mélasse (diluée, 60% de mélasse + 40% d'eau)	Liquide	1 L/quintal	0.8 €
Extrait de lombricompost (500g de lombricompost pour 1 L d'extrait filtré)	Liquide	1 L/quintal	2.0 €
Algues	Solide	1 kg/quintal	1.8 €
Guano	Solide	1 kg/quintal	1.8 €
Argile (bentonite)	Solide	1 kg/quintal	4.0 €
TOTAL		~ 6 kg/quintal	14.9 €

TABLEAU 15

Détail de la composition et du coût de l'enrobage des semences de couvert d'été 2020

L'enrobage que nous avons réalisé à la bétonnière avait plusieurs objectifs : apporter des nutriments, et temporiser la germination pour éviter que la graine ne germe trop rapidement. Après différents échanges, nous en sommes donc arrivés à la composition du tableau 16.

RETOUR D'EXPÉRIENCE EN LOT-ET-GARONNE

L'essai a été conduit sur un mélange blé-féverole en sol argileux. Les semis à la volée ont été faits les 11 juin et 10 juillet 2020 pour les modalités en semis direct. La sécheresse a débuté mi-juin et a très fortement pénalisé les levées et le développement des couverts.

Comme le montre la figure 70, les modalités présentant le plus de biomasse sont celles semées à la volée et pour lesquelles le couvert s'est peu développé, laissant la place à de nombreuses repousses de céréale et des adventices. Les modalités en semis direct, trois jours après moisson, donnent cependant des résultats intéressants. En effet, même si les biomasses ne sont pas très importantes, les adventices sont contenues. Le mélange estival de l'agriculteur obtient le même résultat que le mélange de Caussade Semences, notamment grâce au bon développement du tournesol. Concernant l'enrobage, on a mesuré une quantité de biomasse légèrement inférieure. Il est possible que la salinité de l'enrobage ait freiné les levées (nécessitant davantage d'eau), dans cette année aux conditions particulièrement sèches.

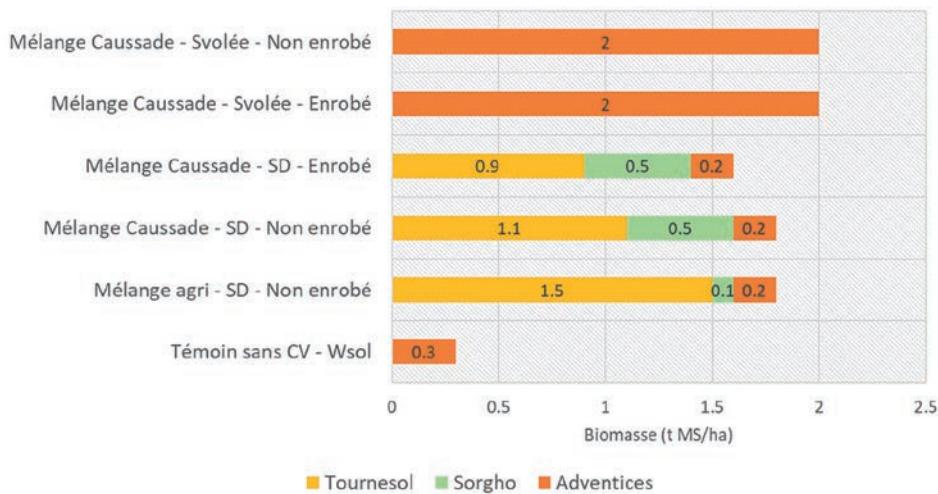


FIGURE 69

Résultats des pesées MERCI des différentes modalités de semis des couverts d'été dans le 47. Mesures faites le 22 septembre soit 73 jours après le SD.

RETOUR D'EXPÉRIENCE EN CORRÈZE

Les semis de couverts ont été réalisés sous (à la volée) et après (SD) un blé tendre semé en direct à l'automne. Le semis à la volée a été réalisé le 26 juin, soit un mois avant récolte (moisson le 24 juillet), avec un blé au stade grains laiteux. A ce moment-là, le sol était déjà humide et a reçu encore 45 mm d'eau dans les jours qui ont suivi.

Les modalités en SD ont été implantées 12 jours après moisson, le 6 août, avec un semoir direct Aitchison®. Suite au semis, la pluviométrie sera de 75 mm, suivi de fortes chaleurs combinées à beaucoup de vent très séchant.

La méthode MERCI est réalisée le 9 octobre avant implantation d'une culture d'hiver sur la parcelle.

Les différentes observations que nous faisons sont :

- Semis à la volée non enrobé : faible taux de levée général. Le niger et le tournesol sont absents. Le mois de juin pluvieux a été favorable au développement des limaces, il est donc fort probable que les plantules aient été mangées à ce moment là. Seul le sorgho est présent, avec un tallage important (moyenne de 12 talles/pied), ce qui traduit une tendance à coloniser l'espace laissé libre par les autres espèces du mélange.
- Semis à la volée enrobé : nous observons globalement les mêmes résultats que la modalité précédente même si le tournesol et le niger sont présents, mais en très faible quantité. La biomasse est moins importante que la modalité non enrobée et le bloc est plus hétérogène.
- SD non enrobé : visuellement, l'essai est hétérogène mais avec une biomasse moyenne importante (6 tMS/ha). On voit que le tournesol est bien développé et surpassé le sorgho, qui a également une croissance très correcte. Il n'y aucune trace du niger, ce qui peut être dû à la profondeur de semis un peu importante pour de telles graines (3 cm).
- SD enrobé : c'est la modalité la plus homogène, avec un très bon développement du sorgho et du tournesol. Comme la modalité précédente, et sûrement pour la même raison, il n'y a pas de niger. On ne trouve aucun effet parcelle sur cette bande, contrairement aux modalités précédentes. La production de biomasse du tournesol est similaire à celle de la modalité SD non enrobée. En revanche, le sorgho a beaucoup plus produit sur cette modalité que sur la précédente.

Objectif	Tournesol		Niger		Sorgho			Biomasse totale (tMS/ha)	Détail biomasse (tMS/ha)
	nb pied/m ²	% levée	nb pied/m ²	% levée	nb pied/m ²	% levée	nb talles		
Semis à la volée non enrobée	10	100%	69	100%	52	100%	/		
Semis à la volée enrobée	0	0%	0,25	0,36%	2,25	4,32%	12,45	2.2	Sorgho : 2.2
Semis en SD non enrobée	0,25	2,50%	1,25	1,80%	1,75	3,37%	9,00	1.6	Sorgho : 1.3 Tournesol : 0.1 Niger : 0.2
Semis en SD enrobée	24	240%	0	0%	21	40,38%	1,76	6	Sorgho : 1.2 Tournesol : 4.8
	21	210%	0	0%	46	88,46%	1,60	10.1	Sorgho : 4.2 Tournesol : 5.9

TABLEAU 17

Synthèse des résultats de l'essai de couvert d'été en Corrèze

Une fois encore, nous observons l'effet aléatoire des semis à la volée. La variété de sorgho de Caussade Semences, Lurabo, semble avoir une capacité de colonisation de l'espace très forte. Ce dernier semble avoir très bien réagi à l'enrobage en SD.

Globalement, la méthode de semis à la volée pour l'implantation d'un couvert multi-espèces après moisson est jugée trop aléatoire et peu efficace. Cependant quelques espèces se démarquent et semblent assurer un bon taux de réussite en semis direct (sorgho, tournesol, vesce, radis, etc.). Le tableau ci-dessous compile les principaux retours d'expériences des partenaires techniques ayant participé à ces essais.

INDICATEURS	EFFETS
Lumière	Si la culture est trop dense ou que le sol tarde à se ressuyer (ex : printemps 2019), il semble que le couvert ne puisse pas démarrer correctement. Il végète un certain temps puis disparaît.
Fertilisation	La fertilisation minérale avantage les graminées au détriment des légumineuses, souvent employées dans les mélanges de couverts d'interculture (et dans nos essais).
Qualité du sol en surface	La surface doit être grumeleuse pour maximiser les contacts terre-graine. Dans le cas contraire, les graines ne germeront pas, ou irrégulièrement.
Choix des espèces et taille des graines	Les grosses graines, avec de forts besoins en eau pour leur germination (ex. pois, féverole, etc.), ont tendance à moins bien supporter les conditions estivales et sont donc à éviter pour les couverts d'été. Le moha ou le millet semblent intéressants. Attention cependant, du même genre botanique que les sétaire, ils peuvent monter rapidement à graine et risquent donc de perdurer plus longtemps que prévu sur la parcelle...
Proportions	Avant une culture de type céréale à paille et/ou sur sol à faible minéralisation, privilégier les proportions suivantes : 60% de légumineuses + polygonacées et 40% de graminées + astéracées. Au contraire, avant une culture de légumineuses et/ou dans le cas d'un sol à forte minéralisation, privilégier un mélange à 40% de légumineuses + polygonacées et 60% de graminées + astéracées.

TABLEAU 18

Paramètres à prendre en compte avant l'implantation d'un couvert d'été

Le couvert d'été idéal (semé entre début juin et mi-août) semble être constitué de 4 à 8 espèces adaptées au chaud et au sec. Selon les objectifs, il est possible de composer un couvert estival « sur mesure », en suivant les orientations ci-dessous :

- Chasse d'eau (ex.: radis chinois, cameline, colza fourrager, moutardes, navette, etc.)
- Fixation d'azote (ex.: vesce pourpre, trèfles estivaux, gesse, lentille, soja, etc.)
- Couverture du sol (ex.: phacélie, sarrasin)
- Structuration du sol (ex.: sorgho fourrager, sorgho à balais, avoine diploïde, millet, moha, maïs, seigle, etc.)
- Tuteurage (ex.: tournesol, radis fourrager, niger, colza fourrager, etc.)

2. Trouver des couverts d'été adaptés à l'agriculture biologique de conservation

Contexte: Cet essai a été mené chez un agriculteur expérimentateur, sur la ferme A (Pyrénées-Atlantiques). Le sol est argilo-limoneux à tendance acide avec 3,2% de MO.

Hypothèse: Des couverts et notamment des couverts diversifiés permettent de gérer l'en-herbement grâce à leur biomasse.

Objectif: Trouver les couverts purs ou en mélanges qui permettent d'obtenir un maximum de biomasse pour agrader les sols en augmentant le taux de matière organique, dans un contexte estival en bio.

Plan expérimental: 44 couverts (25 purs et 19 mélanges), provenant de plusieurs entreprises, ont été testés sur cette parcelle, en bandes voisines. Le précédent luzerne a été détruit au rotavator le 24/05 (travail superficiel de 3,5 cm), et les couverts semés le 04/06 avec un combiné herse rotative + semoir à céréales Nordsten NS1130. 30mm de pluie sont tombés le soir même du semis.



FIGURE 70 Semis des essais au combiné herse rotative + semoir le 04/06



FIGURE 71 Organisation des modalités de couverts sur la parcelle test

Résultats et interprétations: Pour évaluer la performance de ces couverts, nous avons comparé la pression des adventices (majoritairement la sétaire), c'est-à-dire le pourcentage de biomasse d'adventices sur la biomasse totale, ainsi que la biomasse produite selon la méthode MERCI (Méthode d'Estimation des Restitutions par les Cultures Intermédiaires)⁴⁰ et le coût d'implantation. Nous avons ainsi pu classer les 7 meilleurs couverts de cet essai selon notamment un indicateur coût/biomasse.

On constate que parmi les 7 couverts obtenant les meilleurs résultats, on retrouve 5 mélanges. Les essais purs d'espèces n'ont pas réussi à se développer convenablement, ils ont tous été dominés par les sétaires avec une pression adventice supérieure à 70 % dans tous les cas. Seuls le tournesol et le tournesol géant ont atteint de bonnes performances en termes de coût/biomasse, (très peu coûteux). Cependant ils n'ont pas réussi à étouffer convenablement les sétaires (pression adventice supérieure à 40%).

40 <https://methode-merci.fr/>

Composition	Origine	Dose (kg/ha)	Biomasse du couvert (t MS/ha)	Biomasse totale (t MS/ha)	Pression adventice (sétaire)	Coût/biomasse (€/tMS/ha)
Mélange Sorgho fourrager/Vesce commune/Trèfle de Perse	Semences de France	46	6.0	7.2	17%	10 - 20
Mélange Sorgho fourrager/Phacélie/Navette/Vesce velue	Semences de France	34	3.5	4.1	15%	10 - 20
Mélange Avoine rude/Vesce commune/Trèfle de Perse	Semences de France	35	3.0	3.9	23%	10 - 20
Mélange CowPea/Trèfle	Semences de France	42	3.8	4.6	17%	20 - 40
Mélange Sorgho fourrager/CowPea/Trèfle	Semences de France	40	3.3	4.5	27%	20 - 40
Tournesol géant	Ferme	10	2.7	4.8	44%	< 10
Tournesol	Caussade	11.5	2.5	4.6	46%	< 10

TABLEAU 19 Les 7 couverts les plus performants selon relevés biomasse 3 mois après semis (30/08)

© Association Française d'Agroforesterie



FIGURE 72 Les essais tournesols purs ont réussi à pousser mais la présence des sétaires est forte.



FIGURE 73 Essais avec des espèces pures la sétaire domine complètement, on ne distingue pas les lignes.



FIGURE 74 Essais avec des mélanges d'espèces la sétaire est contenue, notamment par le sorgho fourrager.

Les espèces qui se sont le mieux développées sont le sorgho fourrager, la vesce, le tournesol et les trèfles de Perse et d'Alexandrie. Sans surprise, c'est le sorgho qui a le plus contenu la sétaire, étant de la même famille (graminée en C4). Il a probablement fourni une compétition plus intense face à l'adventice. Les trèfles se sont bien implantés de façon générale car ils colonisent une strate plus basse que la sétaire, mais sont peu efficaces pour la concurrencer.

Le cowpea et la crotalaire n'ont pas donné de bons résultats, sûrement en raison de l'absence d'inoculant adapté. Ces plantes étant tropicales, les micro-organismes nécessaires à leur développement ne se trouvent pas dans nos sols. Cependant, il se pourrait aussi que ces plantes ne puissent tout simplement pas réussir à se développer pleinement sous nos climats tempérés.

© Association Française d'Agroforesterie



FIGURE 75 Plusieurs mélanges de graines de couverts testés

L'avis des semenciers sur ces essais de couverts d'été

Trois partenaires ont été sollicités pour suivre cet essai: Caussade Semences, Semences de France et Barenburg. Suite aux résultats des différents essais, ils ont fait un bilan.

Tout d'abord, il a été rappelé que le marché des couverts végétaux est encore dominé par une demande de couverts d'hiver simples et économiques: « *Il ne faut pas oublier que 80% de la demande est constituée d'agriculteurs qui ne souhaitent planter des couverts que pour se conformer à la réglementation, donc c'est le prix et la simplicité qui restent encore les moteurs de décision. On recherche surtout de la féverole, de l'avoine, etc.* » rappelle Jean-Baptiste Hillaire de Caussade.

Ces essais de couverts d'été sont donc intéressants et innovants mais ne représentent pas leur cœur de marché. « *Il est difficile pour nous d'investir dans la recherche, surtout sur ces couverts d'été. Ces essais nous aident cependant à sélectionner les espèces les plus intéressantes. Ici, on voit bien le potentiel du sorgho, tournesol et de la vesce. La chia aussi semble être intéressante, d'autant que la demande pour ce produit spécifique augmente.* » précise Stéphane Fabbro de Semences de France.

3. Associer des plantes pour l'implantation d'une luzernière

Contexte: L'essai a été conduit sur la ferme F (Haute-Garonne) sur des argilo-calcaire relativement pauvres en MO (env. 1,6 %).

Hypothèse: L'implantation d'une luzernière nécessite un délai durant lequel la productivité est nulle. L'association avec d'autres plantes annuelles fourragères pourrait permettre de réaliser une première fauche pendant ce délai, et faciliter l'implantation de la luzerne.

Objectif: Trouver une association permettant une bonne implantation de luzerne.

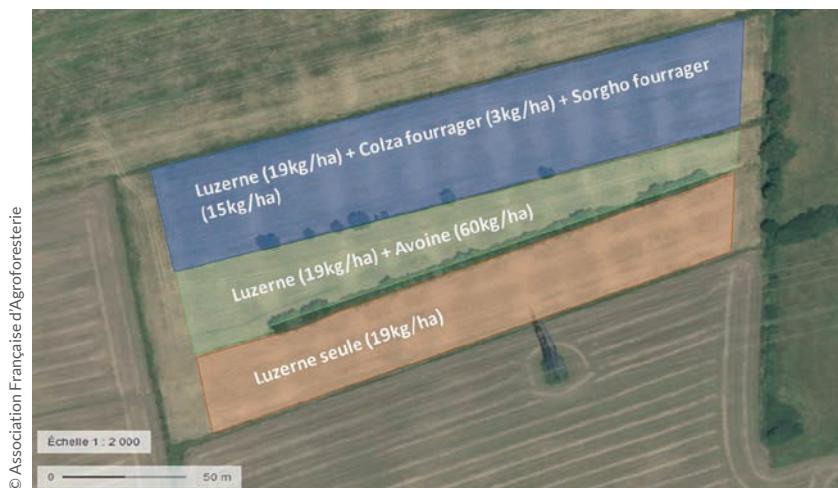


FIGURE 76
Plan des essais d'implantation de luzerne

Plan expérimental : Parcellle avec un précédent de sorgho, puis semis d'un couvert le 20/10. Pour gérer le salissement, helminthies (*Picris echioides*) notamment, 2,5 L/ha de glyphosate ont été appliqués le 24/05. Enfin, les différentes modalités ont été semées avec 11 cm d'écartement le 04/06 en semis direct au SD3000.

Résultats et interprétations : Une première fauche de luzerne a été réalisée en novembre. On peut facilement constater que la modalité luzerne + colza fourrager + sorgho fourrager est bien supérieure en biomasse, atteignant presque 8 tonnes d'enrubanné par hectare. L'association avec l'avoine a en revanche produit de moins bons résultats que la luzerne seule.

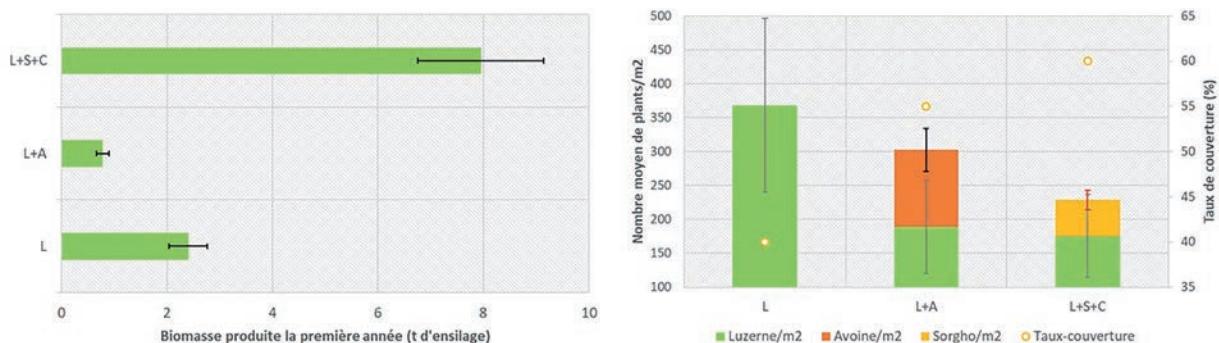


FIGURE 77 Résultats des essais de luzerne associée, pour la première coupe

Il semblerait que l'implantation de la luzerne soit fortement impactée par les associations, avec un nombre de pieds bien inférieur lorsqu'elle est associée. Cette parcelle sera suivie par la suite pour évaluer l'influence des associations sur la productivité de la luzernière au cours du temps.

Un autre essai de ce type a été réalisé chez un autre agriculteur (ferme E, Aveyron), avec des modalités Luzerne (21 kg/ha) + Sainfoin (19 kg/ha), et Luzerne (21 kg/ha) + Sainfoin (19 kg/ha) + Avoine (40 kg/ha). Pour la 3^e modalité, nous n'avons pas pu récolter l'avoine. On notera que cette association n'a pas non plus fonctionné.

4. Associer des plantes avec le maïs pour limiter l'usage d'herbicides

Contexte: L'essai a été conduit sur la ferme E (Aveyron) sur un sol limono-sableux à fort taux de MO, 4,6 %.

Hypothèse: Une plante compagne semée avec le maïs permet de gérer l'enherbement (tout en fixant du carbone et de l'azote).

Objectif: Evaluer l'effet de plantes compagnes sur la gestion des adventices dans la culture de maïs.

Plan expérimental: L'essai a été réalisé après un précédent de blé et un couvert d'hiver qui a donné 2,2tMS/ha. Un apport de fumier bovin a aussi été réalisé en mars. Le maïs (variété LIPPEX) a été semé en semis direct le 22/04, avec 37,5 cm d'écartement et à une profondeur de 3 cm. Le jour suivant, les plantes compagnes ont été semées en direct avec un écartement de 17,5 cm, à une profondeur de 2 cm. Les densités semées ont été les suivantes : 34 kg/ha pour les lentilles et la luzerne, 45 kg/ha pour la vesce.

Les besoins en azote du maïs ont été mesurés par l'utilisation d'un N-tester en juillet.

Résultats et interprétations: L'essai n'a pas fonctionné car le semis a été réalisé trop tôt, dans un sol trop frais. Un coup de froid a ensuite donné l'avantage aux plantes associées, qui ont pris le dessus sur le maïs. On remarque cependant que le maïs fertilisé normalement (54 UN), associé à de la luzerne et désherbé en post-levée, s'en sort plutôt bien, avec un besoin azoté faible (<30 UN). Au contraire, les modalités non fertilisées expriment toutes des carences azotées. On observe également que le maïs associé à la luzerne, même fertilisé, a un besoin en azote important.

Finalement, cet essai, mis en place dans de mauvaises conditions, est peu concluant. Il ne permet pas de mettre en valeur les bénéfices des plantes compagnes. Un semis dans de bonnes conditions (sol réchauffé et ressuyé), avec si possible un semis décalé des plantes compagnes est à envisager. Cet essai et plusieurs autres (notamment l'essai collectif de couverts d'été) ont fait émerger la nécessité de la création d'un Outil d'Aide à la Décision (OAD) permettant d'orienter les agriculteurs dans le déclenchement des semis de printemps-été notamment (cultures, couverts, plantes compagnes) avec des critères simples : température du sol, prévisions météo à 10 jours (température et pluviométrie).

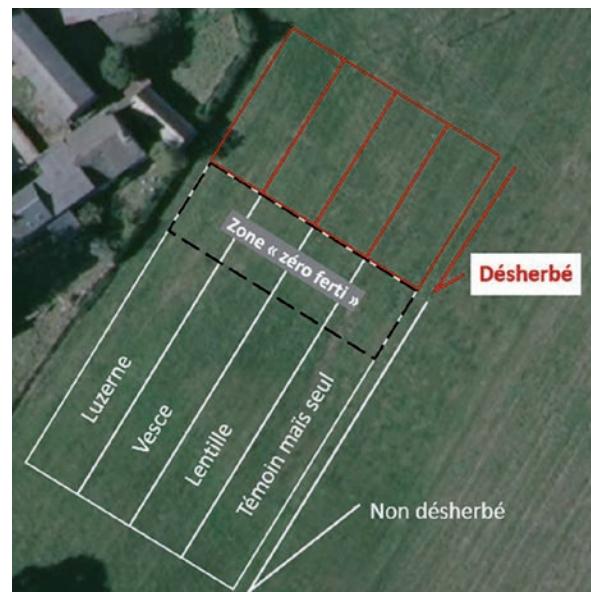


FIGURE 78 Schéma des essais d'associations de plantes avec le maïs

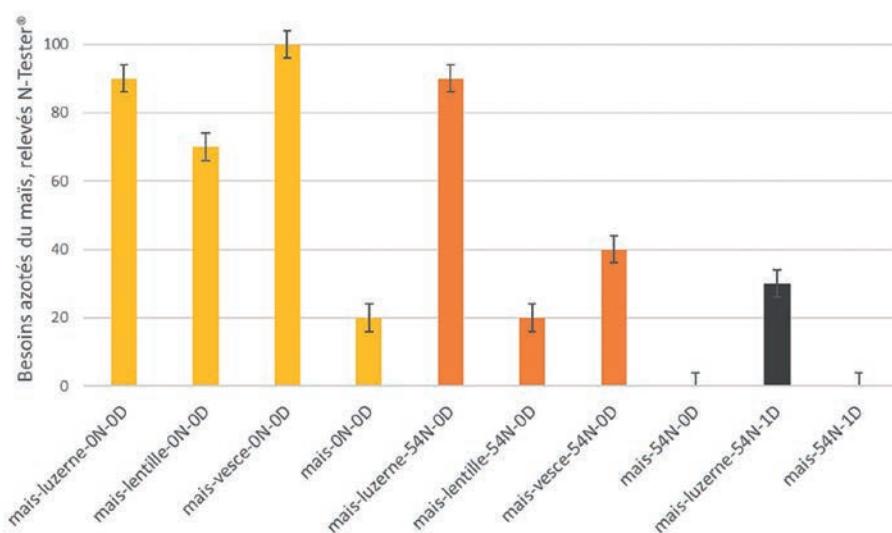


FIGURE 79
Résultats du N-Tester sur maïs selon les différentes modalités

3 Techniques de semis

L'implantation de la culture est une étape clé pour assurer le développement de la plante et obtenir de bons résultats en termes de rendements et de qualité de la production. Comme vu dans la première partie de ce cahier, l'enrobage et l'application d'intrants dans la ligne de semis peuvent être des moyens de favoriser la culture à cette étape cruciale. Dans ce chapitre, nous allons nous intéresser à d'autres facteurs à maîtriser pour optimiser le semis de culture.

1. Diminuer l'écartement du soja pour limiter les adventices

Réduire l'écartement entre les rangs permettrait de limiter l'espace disponible aux adventices tout en assurant de meilleurs rendements. Cette expérimentation fait suite à des essais menés notamment par le CREAB Midi-Pyrénées⁴¹ et la Chambre d'agriculture des Landes⁴².

Contexte: Cet essai a été réalisé sur la ferme F (Haute-Garonne) sur des sols argilo-calcaires relativement pauvres en MO (env. 1,6 %).

Hypothèse: Comme le représente le schéma ci-dessous, nous pouvons penser qu'un semis plus serré permet de refermer les rangs plus rapidement et limite ainsi le développement des adventices.

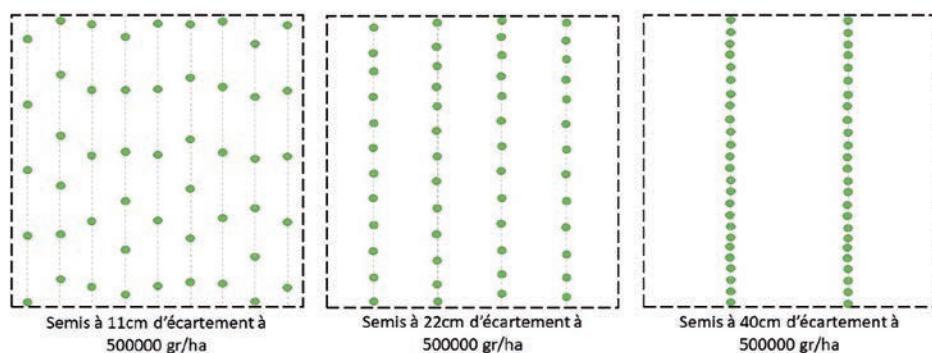


FIGURE 80
Schéma représentant la répartition des graines sur 1 m² selon différents écartements pour la même densité de semis (500 000 grains/ha)

⁴¹ Résultats de l'essai densité et écartement de semis en soja sec, Campagne 2015, L. Prieur, CREAB Midi-Pyrénées <https://www.creabio.org/sites/default/files/Densit%C3%A9%20%26%20%C3%A9cartement%20soja%20sec%202015.pdf>

⁴² Essai écartement de semis en soja, Chambre d'agriculture des Landes, décembre 2016 https://landes.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Nouvelle-Aquitaine/101_Inst-Landes/Documents/techniques_et_innovations/PV/essai_soja_desherbage_semis.pdf

Objectif: Déterminer l'écartement optimal de la culture de soja, pour gérer l'enherbement et faciliter la récolte. En effet, plus l'écartement est important, plus la lumière parvient au sol et on observe la formation plus basse des premières gousses qu'avec les semis rapprochés (première gousse à 10 cm de hauteur avec des semis à 80 cm, et entre 17 et 20 cm de hauteur pour les semis de 40 cm d'écartement). Lors de la moisson, les premières gousses formées trop basses ne sont pas correctement récoltées.

Plan expérimental: Une application de glyphosate de 2,5 L/ha a été effectuée le 26/04, avant le semis direct des essais soja le 15/05. La bande témoin a été implantée avec un semoir monograine, les deux bandes serrées avec un semoir à céréales. Deux modalités serrées (11 cm et 22 cm d'écartement) ont été comparées à un témoin plus classique (40 cm d'écartement), sachant que cette année, l'agricultrice a semé la majorité de ses parcelles avec un écartement de 60 cm. La densité de semis est restée la même pour chaque essai: 120 kg/ha.



FIGURE 81
Schéma et photos
des essais de réduction
d'écartement de semis
de soja au 26/06

Résultats et interprétation: Malheureusement, les résultats du témoin à 40 cm n'ont pas pu être obtenus, ce qui diminue l'intérêt de l'expérimentation. Le rendement moyen de la parcelle est de 23 qtx/ha avec des zones hétérogènes de coteaux tirant le rendement vers le bas. On peut tout de même constater une légère augmentation de rendement pour la modalité à 22 cm comparée à celle à 11 cm. Cependant, cette différence d'à peu près 4 quintaux/ha n'est pas significative.

Aussi, le suivi des adventices n'a pu être réalisé car les couverts précédents sont repartis et ont dû être gérés (chimiquement) sur l'ensemble de la parcelle; l'hypothèse de départ selon laquelle le soja semé à faible écartement permettrait de mieux gérer l'enherbement ne peut donc être validée.

Il faudra donc reprendre cette expérimentation l'année prochaine pour pouvoir confirmer cette première observation et effectivement réussir à comparer les résultats des modalités avec un témoin.

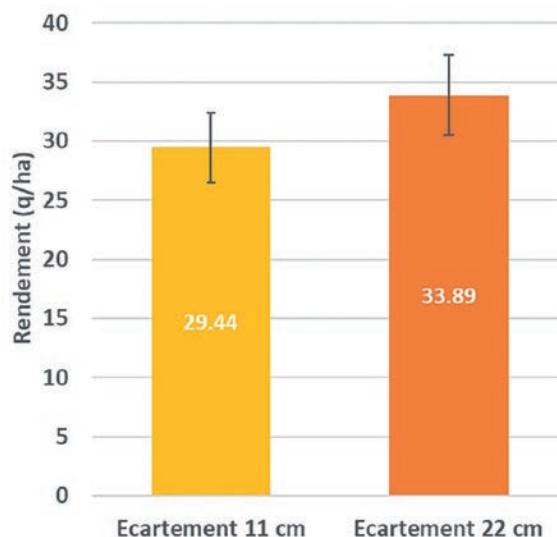


FIGURE 82 Rendements des essais d'écartement sur soja

2. Augmenter la densité du maïs en semis direct sous couvert

Contexte: Cet essai d'augmentation de la densité de semis classique de maïs a été couplé avec l'essai variétal qui est décrit dans le chapitre 4 sur la génétique végétale, sur la ferme B (Landes) sur une parcelle conduite en SCV depuis 4 ans avec 1,8% de MO et un pH de 6,5.

Hypothèse: L'augmentation de la densité de semis permet de refermer le rang plus rapidement pour mieux gérer l'enherbement.

Objectif: Trouver le meilleur compromis densité / rendement / marge.

Plan expérimental: Un couvert hivernal composé de 150 kg féverole, 15 kg seigle, 10 kg avoine et 10 kg triticale, a été implanté avant l'essai le 20/10/18, avec un potentiel de restitution de 190 UN/ha. Le semis a été réalisé au ProsemK de Sola le 23/05 sur des bandes voisines de 18 rangs avec 40 cm d'écartement entre chaque rang et une densité de 90 000 graines/ha. Chaque bande avait une dimension de 50 x 7,20 m. Plusieurs bandes témoins avec la variété utilisée par le passé par l'agriculteur (Pioneer P9234) ont été mises en place successivement, toutes les 2 modalités. Une fertilisation localisée a été apportée avec du 10-34 à 80 L/ha, ainsi que l'application d'herbicides en rattrapage (mésotrione et nicosulfuron) à 0,7 L/ha début juin et à 0,4 L/ha mi-juin, afin de gérer l'avoine du couvert qui repartait vigoureusement avec le printemps humide.

Les trois modalités étaient 90 000 grains/ha (témoins), 100 000 grains/ha et 113 000 grains/ha.



FIGURE 83 Maïs poussant sur le couvert au 01/07.
Le paillage est très épais et doit permettre la bonne gestion des adventices.



FIGURE 84 Les essais au 16/07

Résultats et interprétations: On constate que la modalité à 113 000 grains/ha a produit un rendement significativement plus élevé que le témoin à 90 000 grains/ha et avec à peu près le même taux de perte de grains (23%).

La modalité à 100 000 grains/ha n'a pas bien fonctionné à cause d'un taux de perte trop élevé de 36%, influençant donc fortement son rendement qui est même inférieur au témoin.

Il semblerait que l'augmentation de la densité de maïs ait un intérêt sur les rendements. Pour évaluer le coût de la surdensification, prenons 10€ la dose de semis (10 000 grains) et 130€/t comme prix de vente. D'après les calculs fictifs page suivante, nous voyons que la meilleure production de la modalité surdensifiée permet de compenser le coût des semences.

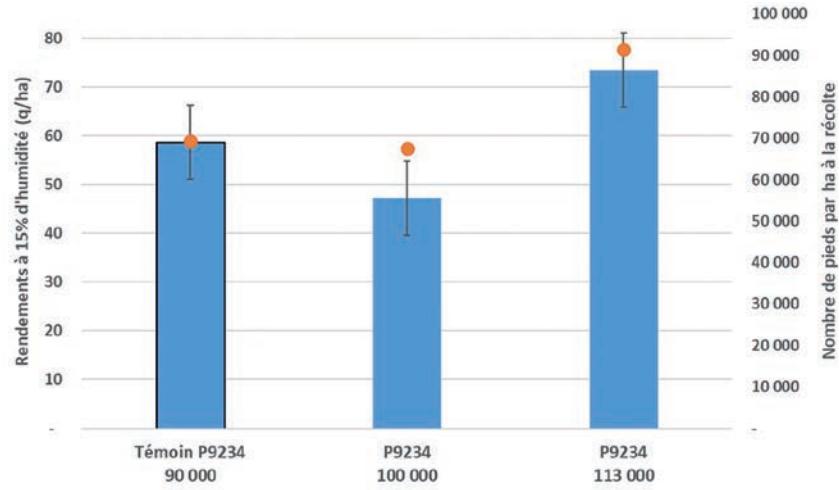


FIGURE 85

Rendements des modalités de densité de maïs et densité réelle mesurée

	Densité	90000	113000
Dépenses	Coût semence (€)	180	226
	Rendement (qt/ha)	60	72
Recettes	Prix de vente (€/t)	130	130
	CA (€/ha)	780	936
	Marge brute (€/ha)	600 ▼	710 ▲

TABLEAU 20

Comparaison économique des modalités à 90 000 gr/ha et 113 000 gr/ha de maïs

3. Strip-till rotatif dans une prairie permanente

Contexte : Parmi les pratiques agro-écologiques développées en France et à travers le monde, le strip-till semble être une solution performante. Assez peu répandue en France, cette technique est largement employée outre-Atlantique. Le strip-till permet de ne travailler que la bande semée, dans laquelle il est possible de localiser de l'engrais. Cette bande se réchauffe plus vite et la dynamique de minéralisation démarre donc plus rapidement, rendant davantage d'éléments disponibles pour la culture. En un ou deux passages, le sol est préparé, l'agriculteur limite ainsi son temps de travail à l'hectare et réduit ses intrants (carburant, engrais). Grâce à sa grande compatibilité avec les couverts végétaux et à la faible surface travaillée, le strip-till est une technique prometteuse pour l'agriculture de conservation.

Ici, l'essai a été conduit sur une prairie permanente en bio où l'agriculteur souhaite autant préserver sa pâture (prairie permanente) que cultiver du blé en système régénératif. Les prairies étant compactées et délicates à travailler (bas fond), il nous fallait travailler rapidement (fenêtre météo courte) et profondément. De plus, le chevelu racinaire de la prairie étant également bien développé nous a poussé à opter pour un strip-till rotatif avec localisateur d'engrais et semoir en double-rang dans la bande travaillée, permettant de refermer le rang rapidement et de limiter le salissement au maximum.

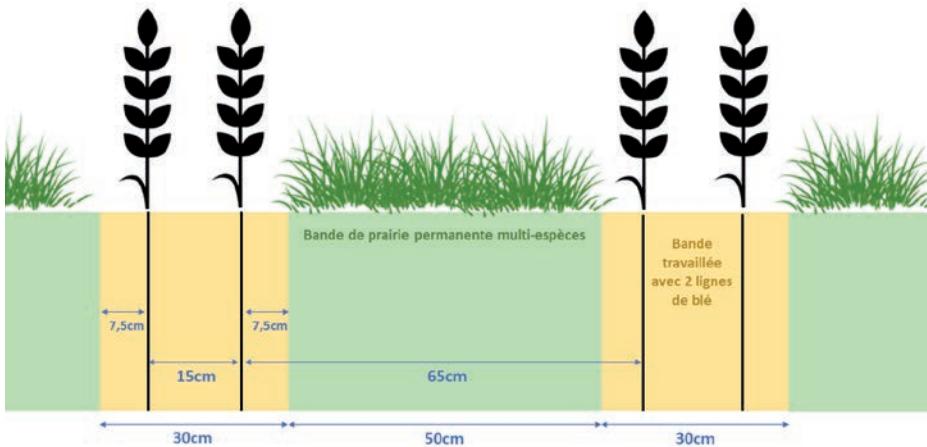


FIGURE 86

Schéma représentant la répartition spatiale du système sous strip-till rotatif

Objectif: Répondre aux premières interrogations techniques pour permettre la culture de céréales en direct dans une prairie permanente: Quelle densité de semis? Quelle profondeur de travail? Quelle fertilisation? Quelle méthode/outil pour gérer l'inter-rang?

Résultats et interprétations: Dans les quelques semaines après la levée, les premières observations sont encourageantes. Le blé, semé à 80 kg/ha mi-octobre, a bien refermé le rang. Il faut cependant se préoccuper vivement de l'inter-rang...

© Association Française d'Agroforesterie



FIGURE 87

Evolution du blé au fil de la campagne. Sur la troisième photo, on voit de nombreuses feuilles jaunes, le blé a faim, la prairie a été tondue tardivement et a fortement concurrencé le blé.

Un prototype de tondeuse inter-rang a été développé spécialement pour les besoins de cet essai. L'idée était de pouvoir gérer la prairie sans la détruire, voire au contraire en la stimulant pour qu'elle produise de la biomasse (restituée lors des tontes) et des exsudats racinaires. L'outil développé, avec entraînement des couteaux par courroies, a permis de gérer la prairie mais les résultats ne sont pas optimaux. Un outil plus performant est mis au point actuellement, avec un système d'entraînement hydraulique permettant d'atteindre une vitesse de rotation plus grande des couteaux, et de garantir une meilleure qualité de coupe.



FIGURE 88

Tondeuse inter-rang développée pour gérer l'enherbement. La transmission sur prise de force avec courroie ne permet pas, dans ce cas, d'avoir une vitesse de rotation suffisante.

4 Génétique végétale : essais variétaux de maïs en SCV

Les variétés commercialisées actuellement ont majoritairement été sélectionnées pour un milieu où le stress est jugé minimal (monoculture, engrains solubles, herbicides, fongicides, insecticides, irrigation, etc.). Ces variétés possèdent donc des caractéristiques qui leur permettent d'être performantes selon un itinéraire technique conventionnel. Dans le cas du blé, par exemple, une étude de 2010 a constaté que les variétés modernes avaient moins de capacité à capturer l'azote du sol que les plus anciennes, dans des systèmes menés en agriculture biologique⁴³.

Cependant, les nouvelles pratiques agro-écologiques remettent complètement en question les itinéraires techniques, et parfois même le système de culture de l'exploitation dans son ensemble. Dans ces nouvelles conditions de culture, les plantes doivent développer des caractéristiques différentes : tolérance à la sécheresse, cycle court pour éviter les périodes difficiles, fort développement racinaire pour aller chercher les nutriments, capacité à mycorhizer, forte vigueur dès la germination pour ne pas se laisser déborder par les adventices, etc. Il est donc important de réévaluer le potentiel des variétés modernes et anciennes pour trouver celles qui auront les meilleurs résultats.

Contexte: Les pratiques de semis direct sous couvert végétal (SCV) impliquent l'emploi de variétés adaptées, notamment au regard de leurs capacités à s'implanter rapidement et à être vigoureuses et plus adaptées face aux adventices. Afin de déterminer quelles sont les variétés les plus adaptées à ces conditions, un essai sur du maïs a été mené chez un des agriculteurs expérimentateurs (ferme B, Landes). L'essai a été mené sur une parcelle en SCV depuis 4 ans avec 1,8 % de MO et un pH de 6,5.

Hypothèse: Certaines variétés de maïs sont plus adaptées au SCV que d'autres.

Objectif: Déterminer les variétés les plus adaptées : vigoureuses et productives.

Plan expérimental: Un couvert hivernal composé de 150 kg féverole, 15 kg seigle, 10 kg avoine et 10 kg triticale, a été implanté avant l'essai le 20/10/18, avec un potentiel de restitution de 190 UN/ha.

Le semis a été réalisé au ProsemK de Sola le 23/05 sur des bandes voisines de 18 rangs avec 40 cm d'écartement entre chaque rang et une densité de 90 000 graines/hectare. Chaque bande

⁴³ The effect of year of wheat variety release on productivity and stability of performance on two organic and two non-organic farms, H. Jones, S. Clarke, Z. Haigh, H. Pearce, The Journal of Agricultural Science 148 (03) : 303 – 317, 2010 : https://www.researchgate.net/publication/232004095_The_effect_of_year_of_wheat_variety_release_on_productivity_and_stability_of_performance_on_two_organic_and_two_non-organic_farms

avait une dimension de 50x7,20 m. Plusieurs bandes témoins avec la variété utilisée par le passé par l'agriculteur (Pioneer P9234) ont été mises en place successivement, toutes les 2 modalités. Une fertilisation localisée a été apportée avec du 10-34 à 80 L/ha, ainsi que l'application d'herbicides en rattrapage (mésotrione et nicosulfuron) à 0,7 L/ha début juin et à 0,4 L/ha mi-juin, afin de gérer l'avoine du couvert qui repartait vigoureusement avec le printemps humide.

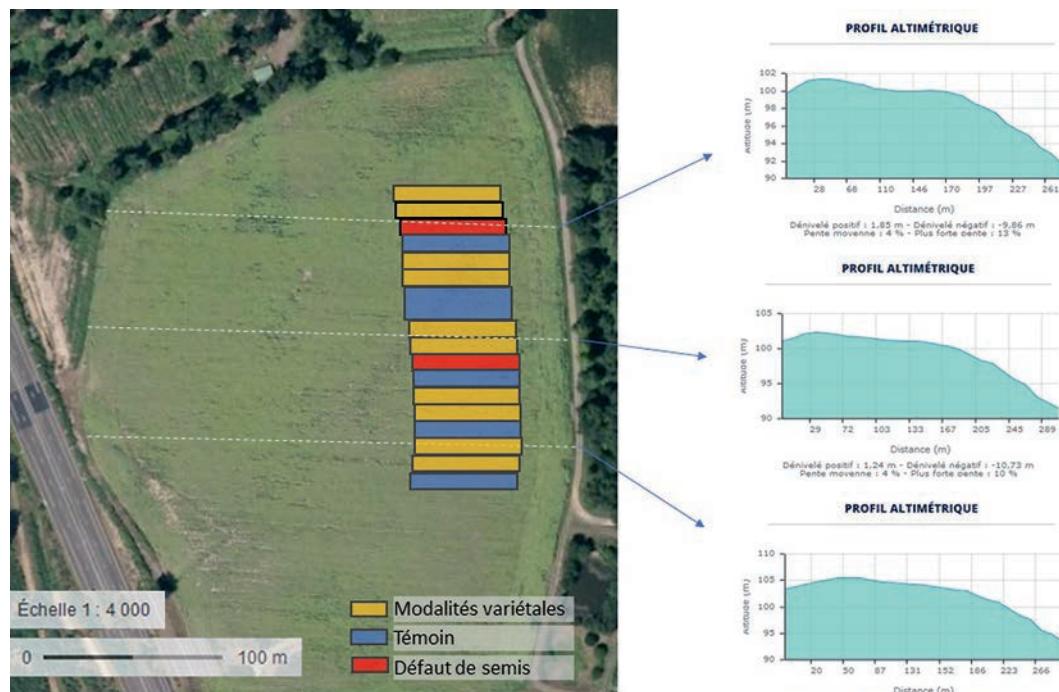


FIGURE 89 Schéma de l'essai variétal, avec les profils altimétriques des différentes zones



FIGURE 90

Equipement pour le semis. Rouleaux faits maison à l'avant et semoir monograine à l'arrière

Résultats et interprétation: Comme le montre le graphique page suivante, les variétés qui se sont démarquées du témoin (P9234, demi-précoce en bleu foncé) sont les variétés tardives (vert foncé) et les variétés demi-tardives (vert clair).

De plus, il semblerait que les variétés tardives et semi-tardives soient systématiquement plus productives que les variétés semi-précoce (dont faisait partie le témoin) et précoce.

Ce premier essai variétal nous permet de repérer quelques tendances intéressantes concernant les variétés tardives, qui ont exprimé leur robustesse lors des conditions difficiles à l'implantation (sol froid et humide, avoine qui avait redémarré). Attention cependant à nuancer

cette conclusion. Dans les Pyrénées-Atlantiques par exemple, l'utilisation de variétés tardives est plutôt pénalisante car leur récolte tardive ne permet pas d'implanter un couvert dans de bonnes conditions. D'un point de vue agronomique il serait donc préférable, dans ce cas précis, d'utiliser des variétés demi-tardives pour les récolter suffisamment tôt et semer un couvert hivernal ou une culture.

Aussi, un critère important que nous n'avons pas pris en compte est le PMG (Poids de Mille Grains) des variétés. En effet, il semble que ce critère participe grandement à un départ vigoureux du maïs, avec davantage de réserve. Nous devrions nous pencher davantage sur ce sujet, particulièrement en SCV.

Nous n'avons pas présenté le prix des semences, dont les écarts sont souvent très importants. C'est pourtant un point clé de l'évaluation finale des variétés. Notons qu'en général, les semences tardives sont plus chères.

La diversité étant la clé, ajoutons que l'intégration de variétés population dans les essais nous semble indispensable. Celles-ci sont souvent issues de semences fermières (peu coûteuses) co-évoluant dans un environnement changeant. Leurs potentiels agronomiques et économiques semblent correspondre à de nombreuses attentes des agriculteurs.

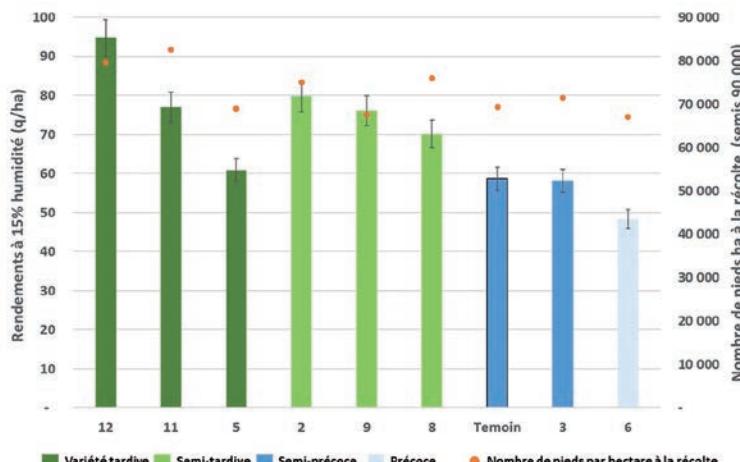


FIGURE 91
Rendements des modalités variétales de maïs

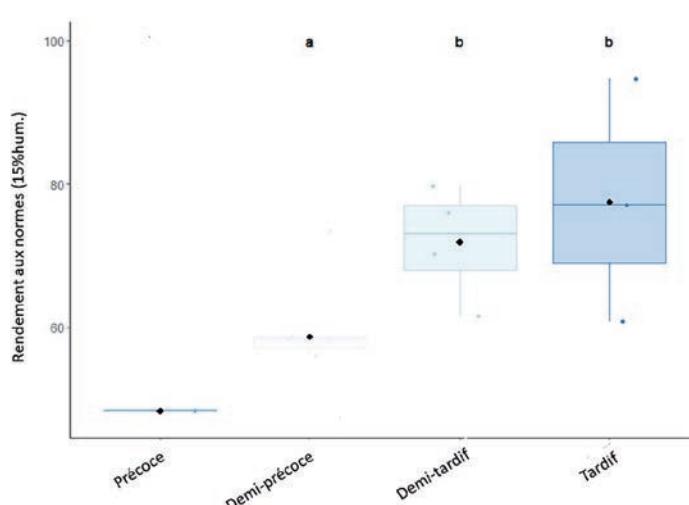


FIGURE 92
Rendements aux normes (15% hum.) en fonction des groupes de précocité (pairwise.t.test réalisé avec R®)
Si deux modalités partagent une même lettre, alors elles ne sont statistiquement pas différentes, et inversement, si deux modalités n'ont aucune lettre en commun alors elles sont statistiquement différentes.

5 Optimisation de l'élevage

La présence d'un élevage sur une exploitation peut fournir de nombreux bénéfices : diversification de revenus, valorisation de résidus végétaux, diminution des opérations mécaniques, stimulation de la vie du sol, etc. Dans cette partie du cahier, nous allons donc nous intéresser aux nouvelles pratiques qui voient le jour pour optimiser la gestion des animaux et leur intégration dans l'agroécosystème.

1. Le Pâturage Tournant Dynamique en Nouvelle-Aquitaine : synthèse de l'étude des systèmes en polyculture élevage herbager innovants (SPEHI)⁴⁴



Depuis 2012, la SCOP SARL Innov-Eco² accompagne dans leur recherche d'autonomie des éleveurs bovins et ovins/caprins, allaitants ou laitiers, préoccupés par la viabilité économique et écologique de leurs systèmes d'exploitation.

La principale innovation proposée est l'optimisation de la gestion des prairies multi-espèces et/ou naturelles disponibles grâce à la mise en place d'un système de Pâturage Tournant Dynamique (PTD) adapté au pédo climat local et au contexte de l'éleveur (produits commercialisés, surface disponible en prairies, éloignement et cohésion du parcellaire, localisation des ressources en eau, etc.).

Innov-Eco² développe une méthode de formation-action qui permet aux éleveurs d'intégrer progressivement leur projet de PTD à leur exploitation, et de développer des compétences permettant la gestion flexible et saisonnière des prairies et des couverts fourragers. Le but est que deux ou trois ans après la transition, l'ensemble du cheptel soit alimenté principalement avec un pâturage adapté à la poussée de l'herbe et/ou des couverts fourragers d'été ou d'hiver.

Au-delà du PTD sur prairies multi-espèces, l'approche d'Innov-Eco² intègre la mise en place d'une « chaîne de pâturage » la plus étendue possible sur l'année. C'est-à-dire produire des ressources fourragères pâturelles et disponibles toute l'année. Cela est possible grâce à une meilleure gestion des couverts et dérobées fourragères, ainsi que par la mise en place de pratiques agroforestières.

⁴⁴ Etude réalisée par Innov-Eco² et Bordeaux Science Agro dans le cadre du programme Agr'eau

Objectifs et définition du Pâturage Tournant Dynamique⁴⁵

Dans le cadre de l'adoption du PTD, on cherche à adapter le pâturage et la ration des animaux pour laisser un temps de repos nécessaire au retour des graminées aux stades 3-4 feuilles. Dans ce but, la stratégie proposée aux éleveurs est de découper leur parcellaire pâturable en plusieurs paddocks, permettant une rotation rapide et dynamique du cheptel.

On cherche donc, non pas à maximiser la production fauchée, mais bien à essayer de prolonger les phases successives de poussée des prairies pour en permettre une pâture efficace et durable au cours des saisons.

La période s'écoulant entre deux pâtures successives d'un même paddock, le temps de repos, doit être adapté aux variations saisonnières, événements climatiques et pratiques de pâturage antérieures. Pour respecter un niveau de réserves énergétiques élevé dans les graminées et permettre des bons redémarrages de poussée, le pâturage doit se faire jusqu'à hauteur des gaines (entre 3-4 cm, début de printemps, et 7-8 cm du sol).

Le prélèvement des gaines par les animaux induit un redémarrage moins actif de la prairie et rallonge les temps de repos nécessaires pour un retour à 3-4 feuilles des graminées. Pour optimiser le rationnement et respecter la repousse des premières jeunes feuilles sans les prélever, le temps de présence des animaux sur le paddock est limité entre une demi-journée et trois jours, selon le chargement et quantité de fourrage disponible sur le paddock.



FIGURE 93

Schéma et photo du système de paddocks chez l'éleveur 1d en veaux sous la mère

Contexte de l'étude

Depuis 7 ans d'accompagnement, 437 éleveurs ont été formés pour adopter une gestion optimisée des prairies par le PTD. L'innovation est actuellement mise en pratique sur 273 fermes en Nouvelle-Aquitaine et 119 fermes sur l'ouest de l'Occitanie. En automne 2019, les superficies gérées en PTD concernent plus de 5000 hectares, dont 3248 en Nouvelle-Aquitaine et 1842 en Occitanie.

Une étude a été réalisée par Innov-Eco² et six étudiants de Bordeaux Sciences Agro, entre octobre 2018 et février 2019, pour évaluer les performances de 11 exploitations allaitantes ayant adopté le PTD depuis plusieurs années (2013 pour la plupart) ⁴⁶.

On différencie dans cette étude les zones sans ou avec peu de déficit hydrique estival (Pyrénées-Atlantiques et Deux-Sèvres), appelées « Zone 1 » et les zones avec fort déficit hydrique estival (Lot-et-Garonne et Dordogne), appelées « Zone 2 ».

⁴⁵ Efficience technique, résilience climatique et impacts agro-environnementaux de systèmes polycultures élevages herbivores innovants en Nouvelle-Aquitaine, Innov-eco², Bordeaux Sciences Agro, 2019

⁴⁶ L'intégralité de l'étude est disponible ici: <https://www.agroforesterie.fr/AGREAU/documents/Etude-systemes-polyculture-elevage-herbivore-innovants-SPEHI-Nouvelle-Aquitaine-2019.pdf>

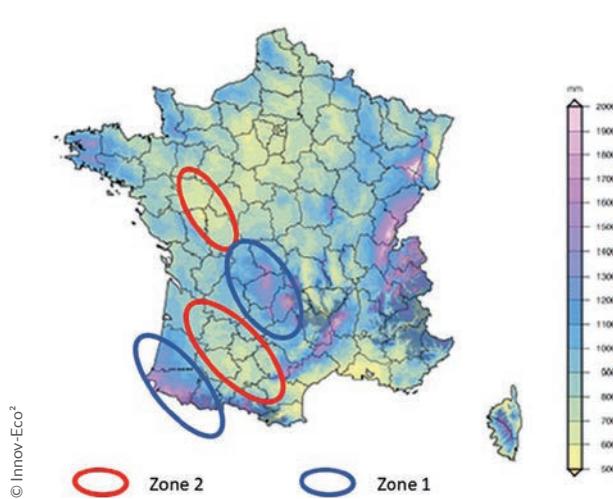


FIGURE 94 Répartition des zones climatiques de l'étude



FIGURE 95 Répartition des agriculteurs de l'étude

Pour estimer l'efficacité technique et calculer les niveaux réels de chargement permis par les systèmes d'élevage, l'étude calcule une surface élevage (SE) sur chaque exploitation qui tient compte des achats de concentrés et fourrages. Cette surface est obtenue en utilisant la formule :

$$\text{Surface Elevage (SE)} = \text{Surface en herbe} + \text{Surface culture annuelle autoconsommée} + \text{Equivalent surface achetée}^{47} - \text{Equivalent surface vendue}$$

Résultats de l'étude

RENDEMENT DES PRAIRIES MENÉES EN PTD CHEZ 50 ÉLEVEURS DEPUIS 2013

En complément de l'étude, plusieurs années d'observations et de synthèses chez 50 éleveurs accompagnés depuis 2013 permettent de valider les références suivantes, concernant les rendements potentiels des prairies menées en PTD et les durées de pâturage observées sur les exploitations innovantes en Nouvelle-Aquitaine :

	Nombre de tours de pâturages par an	Nombre de jours de pâturage par an du cheptel de base	Rendements estimés des prairies en PTD, moyenne et écarts observés (tMS d'herbe/ha)	
			Prairies naturelles	Prairies temporaires
Zone 1 favorable	8 à 10 tours de pâturage / an	220 à 300 jours	6.5 T /ha - de 6 à 8.5 T / ha	8.5 T / ha - de 7 à 12 T / ha
Zone 2 défavorable	5 à 7 tours de pâturage / an	150 à 220 jours	5 T MS / ha – de 4 à 6 T MS / ha	6 T MS / ha – de 5 à 7 T MS / ha

TABLEAU 21 Performances du pâturage en Nouvelle-Aquitaine en fonction des zones pédoclimatiques (estimées sur la base des calendriers de pâturage 2013-2018 des éleveurs accompagnés par Innov-Eco²)

⁴⁷ Surfaces supplémentaires correspondantes aux quantités achetées de fourrages, de concentrés, de céréales et/ou de protéagineux consommées par le troupeau. Les surfaces sont estimées en divisant les quantités achetées par le rendement observé de la culture équivalente dans la zone de production.

Les rendements estimés ne sont pas très différents de ceux observés sur les prairies de fauches classiques des mêmes élevages ou des élevages voisins, et pourtant, ils ont été obtenus **en l'absence complète d'utilisation d'engrais azotés minéraux**. Les déjections laissées à chaque passage d'animaux permettent de compenser l'arrêt de l'apport (15 à 30 unités d'azote) réalisé auparavant, uniquement en début de cycle printanier.

Selon le nouveau système de qualification des valeurs alimentaires des fourrages verts ou conservés pour les ruminants de l'INRAE, un kilogramme de Matière Sèche (kg.MS) d'une herbe pâturee au bon stade (considéré ici comme le stade 3 à 4 feuilles des graminées) présente une valeur alimentaire équilibrée pour le bétail : entre 0,90 et 1 Unité Fourragère, 100 à 110 grammes de Protéines Digestibles Intestinales et 200 à 210 grammes de Cellulose Brute par kg.MS.



© Innov-Eco²

FIGURE 96

Photo d'un paddock chez l'éleveur 2f en Lot-et-Garonne

SUIVI DES PERFORMANCES CHEZ 11 ÉLEVEURS AYANT INTÉGRÉS LE PTD EN NOUVELLE-AQUITAINE

Le tableau page suivante présente des résultats obtenus chez 10 exploitations allaitantes pratiquant le PTD depuis plus de 5 ans, issus de l'enquête 2018-2019. Certains résultats reflètent en partie l'impact de l'année 2018 marquée par une sécheresse prolongée en Deux-Sèvres (cela concerne l'éleveur 1a) et des dynamiques de croissance en cours dans certaines exploitations (croissance de cheptel avec installation).^{48 49 50 51 52}

Les chargements moyens observés (1 UGB/ha SE en zone défavorable à la pousse de l'herbe, et 1,45 UGB/ha SE en zone favorable) sont égaux aux chargements existants auparavant sur l'exploitation et proches des chargements moyens observés dans les régions d'origine des élevages.

48 1a a connu l'effet direct de la sécheresse de juillet à novembre 2018 sur ses prairies avec des achats foin et maïs ensilage inhabituels.

49 1b gère la plupart de ses prairies en pâturage tournant sur 4-5 jours avec ou sans fauche.

50 1e est en autonomie complète avec plus de 50% de la surface en PTD en 2019, non labour, double culture et production de concentrés autonomes sur le reste.

51 2a a un troupeau en croissance après installation d'un jeune, des équilibres restent à trouver.

52 2c achète des concentrés pour des animaux de reproduction, sur une surface tout en herbe.

Eleveurs	SAU	Surface élevage (SE)	Surfaces PTD	UGB / ha SE	UN Minéral / ha SAU	kg concentrés achetés / kg de viande vive	SFP achetée / ha SE	Viande vive / ha SE
1aⁱⁱ	96	117	45	1.47	38	2.17	19%	355
1bⁱⁱⁱ	56.5	57	3	1.77	12	1.25	6%	338
1c	82	87	30	1.12	30	1.04	8%	255
1d	56	54	24	1.61	56	0.32	4%	313
1e^{iv}	93	93	45	1.27	15	0	0%	195
Moyenne Zone 1 favorable				1,45 UGB/ha	30 UN /ha	0.95 kg conc. / kg VV		291 kg VV / ha
2a^v	134	108	25	0.88	78	3.93	31%	189
2b	70	65	18	1.03	11	0.61	-6%	151
2c^{vi}	52	75	25	0.98	0	2.98	31%	231
2d	50	50	12	1.16	0	0	0%	168
2e	141	97	22	1.01	54	1.27	6%	243
2f	129	58	17	0.95	19	0	0%	196
Moyenne Zone 2 défavorable				1 UGB/ha	27 UN /ha	1.47 kg Conc. / kg VV		196 kg VV / ha

TABLEAU 22 Evaluation d'indicateurs technico-économiques dans 10 exploitations allaitantes suite à l'adoption du PTD

L'utilisation de l'azote minéral est limitée sur l'ensemble des élevages (moins de 30 UN minéral apportées par ha de SAU). En règle générale, la gestion des effluents organiques est suffisante pour fertiliser les prairies fauchées et les cultures auto-consommées.

L'autonomie fourragère (SFP achetée /ha SE) est bonne (<10%) pour la plupart des éleveurs allaitants. Des achats de fourrages persistent sur des élevages où l'accès à l'herbe est trop faible par rapport au chargement animal élevé, ou avec des années climatiques difficiles. Les métaux fourragers ou grains remplacent la culture de maïs ensilage pour assurer l'équilibre alimentaire des rations, principalement pour la repousse des broutards ou une finition longue des réformes.

En zone défavorable, les exploitations présentent des productions entre 150 et 245 kg de viande vive /ha SE par an. En zone favorable, les rendements viande varient de 195 à 355 kg. Les éleveurs allaitants les plus productifs par hectare ont souvent des dépenses en intrants plus élevées. En considérant des valeurs entre 3 et 5,5 €⁵³ pour le kg de viande vendu, les rendements obtenus permettent de prévoir des produits bruts d'élevages allaitants variant entre 1000 et 1500 €/ha en Zone 2, et 1500 et 2000 €/ha en Zone 1.

Ces systèmes herbagers sont quasiment autonomes, malgré les dépenses (cultures complémentaires, entretien des paddocks, fauche et parfois sursemis de prairies).

⁵³ Moyenne des différentes catégories de produits animaux (Blonde d'Aquitaine) : un broutard de 280 à 320 kg pour 900 à 1000 €, un veau sous la mère de 150 à 180 kg de carcasse pour 1400 €, une vache de réforme de 550 à 600 kg de carcasse pour 2700 €.



FIGURE 97 Schéma et photo du système de paddocks chez l'éleveur 1c en broutards

UNE DIMINUTION PROGRESSIVE DE L'ACHAT DE CONCENTRÉS

Les quantités de céréales autoconsommées (orge, maïs, méteil) et de concentrés achetés par l'éleveur (maïs, céréales ou correcteur) ont aussi été relevées et suivies :

Eleveur	Grains auto-consommés en tonnes	Concentrés achetés en tonnes	Viande vive produite en tonnes	kg concentrés / kg de viande produite
1a	2009	150	65.2	5.8
	2013	90	56.7	3.8
	2018	35	41.5	3
1c	2012	164	17.8	10.4
	2018	119	22.2	6.4
2c	2013	80.5	15.7	5.9
	2018	12	8.4	1.4
2d	2012	90	20.7	7.1
	2018	47	23.6	3.7
2f	2012	60	12	4.3
	2018	32	11.3	2.9

TABLEAU 23 Evolution de la consommation de concentrés (produits ou achetés) sur 5 élevages allaitants avant et après l'adoption du PTD

On observe dans tous les cas une diminution de la consommation de concentrés par kilo de viande produite. C'est la traduction d'une meilleure capacité à auto-produire de la viande.

Dans 3 cas sur 5, cela s'accompagne du maintien, voire d'une augmentation de la production finale de viande qui est vendue. Pour les 2 autres cas, la réduction du tonnage de viande finale vendue s'explique : chez 1a par un ajustement des stratégies de production/finition (arrêt de la production de jeunes bovins) et chez 2d par une baisse du cheptel mère de 20%, liée à une nouvelle stratégie de ventes. Une baisse de 20% du cheptel mère s'observe aussi chez 2f mais elle est compensée par une meilleure profitabilité de l'élevage (taux de réforme plus élevé et diminution des temps de finition), évolutions se traduisant au final par une production équivalente.

Les 5 éleveurs suivis présentent au bout de 4 à 5 ans une diminution de 50% à plus de 100% de la consommation de concentrés par kilo de viande vive produite.

Conclusions de l'étude d'Innov-Eco²

Le PTD représente un mode peu onéreux⁵⁴ de production et de consommation en fourrage vert de qualité, les principales dépenses étant l'installation des systèmes de clôture, du réseau de cheminement pour les bêtes et de l'abreuvement en limite de paddock.

Le suivi sur plusieurs années des éleveurs accompagnés par Innov-Eco² dans leur adoption du PTD montre que la productivité des prairies reste équivalente à des prairies de fauches classiques, tout en permettant d'éliminer les dépenses en fertilisation azotées (tableau 1). Les taux de chargement restent les mêmes, indiquant donc qu'il n'y a pas d'extensification des surfaces avec le passage au PTD. L'autonomie fourragère s'améliore au fil des années, et s'accompagne d'une diminution de la consommation de concentrés pour chaque exploitation suivie, entraînant une diminution des coûts d'achat d'intrants exogènes.

2. L'élevage régénératif : un nouveau regard sur les herbivores

En septembre 2019, deux formations ont été organisées par l'Association Française d'Agroforesterie, avec l'intervention de Jaime Elizondo (expert international et éleveur) et Gautier Gras (conseiller technique Agr'eau, 2019-2020) sur l'élevage régénératif. Nous souhaitons revenir sur cette pratique et en expliquer les principes. Les paragraphes suivants s'appuient principalement sur plusieurs années de retours d'expériences de Jaime Elizondo. Il faut garder en tête que les moyens proposés doivent être adaptés à chaque contexte.

L'élevage régénératif vise un optimum entre rentabilité maximale (€/ha) et amélioration du capital biologique de la ferme. La stratégie repose sur l'adoption des principes suivants :

- Pâturer sévèrement pour maximiser la production d'herbe ;
- Pratiquer le pâturage non sélectif à haute densité ;
- Laisser un temps de repos plus long ;
- Réserver une partie du parcellaire en stock sur pied ;
- Apporter des compléments de façon raisonnée ;
- Regrouper et planifier les vêlages au printemps ;
- Adapter la génétique ;
- Réintégrer l'arbre dans le système.



FIGURE 98

Photo de la formation « Agriculture régénératrice, un nouveau regard sur l'élevage des herbivores »

⁵⁴ Les éleveurs estiment un coût de production de 200 à 350 €/ha pour 4 à 6 tonnes d'herbe récoltées et stockées sous forme d'ensilage, d'enrubannage ou de foin. Ce coût est fortement diminué grâce au PTD.

Les principes énoncés sont interdépendants. Appliquer un de ces principes de manière isolée n'aboutit pas aux résultats espérés. Il s'agit d'une transition progressive, qui engage l'ensemble du système et qui pourra prendre de nombreuses années.

Pâturer sévèrement pour maximiser la production d'herbe

Maximiser le nombre de points de croissance (de bourgeons) au mètre carré permet de maximiser la productivité de la prairie⁵⁵. Un pâturage sévère permettra à la lumière d'accéder à la base des tiges, ce qui va favoriser le tallage^{56 57}.

D'autre part, pâturer sévèrement limite la production d'auxine, une hormone végétale qui empêche les bourgeons secondaires de se développer en feuilles⁵⁸.

Un pâturage sévère (juste au-dessus du plateau de tallage) stimule la croissance du plus grand nombre de feuilles grâce à l'entrée de lumière et à l'inhibition de l'auxine. De plus, cela diminue la proportion de tiges en faveur des feuilles, où l'activité photosynthétique est la plus importante.

L'occupation de l'espace avec des éléments productifs peut ainsi être maximisée, ce qui augmente le potentiel de productivité de la prairie. La même logique pourrait être appliquée aux autres espèces herbacées constituant la prairie.

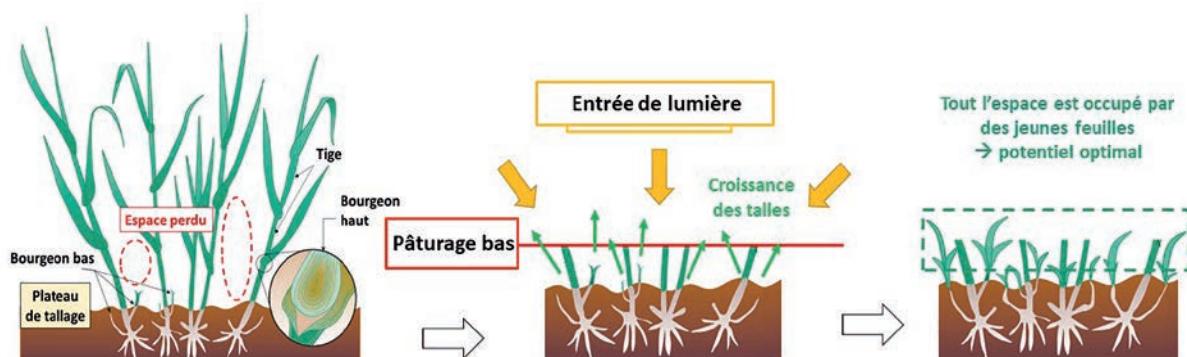


FIGURE 99 Le pâturage sévère comme outil d'amélioration de la productivité des prairies

⁵⁵ Regenerative Ranching: Maximum sustainable profit by ranching in nature's image. J. Elizondo, G. Varvaro, G. Gras. Chapter 2. Pasture ecology and soil life.

⁵⁶ Non-selective grazing builds up the land. J. Elizondo. 2015.

<https://www.farmprogress.com/blogs-non-selective-grazing-builds-land-9538>

⁵⁷ How Important is "Non-selective Grazing ? ". B. Kinford. 2017.

<https://cowherdmanagement.blogspot.com/2017/05/how-important-is-non-selective-grazing.html>

⁵⁸ Plant responses to defoliation: A physiological morphological and demographic evaluation. D. D. Briske, J. H. Richards. <https://agrilifecdn.tamu.edu/briske/files/2014/03/Briske-Richards-SRM-CHAPTER95.pdf>

Pratiquer le pâturage non sélectif à haute densité

Le pâturage sévère repose principalement sur la non sélectivité des plantes consommées et la haute densité d'animaux. L'objectif recherché est de faire brouter toutes les plantes jusqu'au plateau de tallage, afin de maximiser la consommation de matière végétale. Cette matière est ensuite restituée au sol sous forme élaborée, les déjections. De cette manière, l'impact négatif de l'ombre générée par les résidus végétaux piétinés sur la croissance de l'herbe est également évité.

D'une part, la haute densité d'animaux sur une période limitée entraîne un malaxage positif sur le sol, améliorant son contact avec les résidus organiques et stimulant la germination des graines. Cela permet aussi une forte concentration et une meilleure répartition du fumier et de l'urine, intrants élaborés à effet régénératif.

D'autre part, cela semblerait aussi favoriser une plus grande diversité d'espèces, car on ne laisse plus la liberté aux animaux de surpâturer leurs plantes favorites⁵⁹. De cette façon, chaque espèce disposerait d'une chance égale de se développer, menant à des prairies naturellement équilibrées en termes de diversité.

Pour atteindre ce niveau de sévérité de pâturage, les paddocks doivent être les plus petits possibles et changés d'une à quatre fois par jour, tout en s'assurant que la ration journalière des animaux soit suffisante. Il ne faut pas confondre ce type de pâturage avec du surpâturage qui est causé par un pâturage continu sans période de repos. En élevage régénératif, il faut à la fois assurer un pâturage sévère et un temps de repos suffisant pour que les prairies fournissent des volumes importants de fourrage.

© Gautier Gras



FIGURE 100 Exemple de pâturage non sélectif dans la Creuse consommation maximale de l'herbe

⁵⁹ Non-selective grazing builds up the land. J. Elizondo, 2015.

<https://www.farmprogress.com/blogs-non-selective-grazing-builds-land-9538>

Laisser un temps de repos plus long à la prairie

Améliorer le pourcentage de consommation de l'herbe par les animaux permet de revenir plus tard sur un paddock, laissant donc un temps de repos plus long, nécessaire aux plantes pour reconstituer leurs réserves d'énergie. Le signal annonçant que ce temps de repos a été suffisant est le jaunissement des feuilles les plus basses. À ce stade l'herbe est suffisamment reposée, ce qui permet aux racines d'aller plus en profondeur, d'augmenter la teneur en nutriments du fourrage, et d'améliorer le contenu en sucres, protéines et fibres⁶⁰. C'est également le meilleur moment pour faire pâturer les animaux, qui devraient restituer au sol des déjections plus équilibrées.

Réserver une partie du parcellaire à la production d'un stock sur pied

Les plantes doivent cependant aussi pouvoir réaliser leur cycle biologique complet, jusqu'à atteindre la production de graines. Cela permet de multiplier le nombre de plantes et d'espèces souhaitables grâce à la production de nouveaux semis. Chaque année, une partie de l'exploitation devra être laissée en repos sur une période prolongée pendant la saison de croissance. La surface de la zone à conserver en stock sur pied devra être calculée en fonction de la taille du cheptel et des autres composantes du système d'élevage.

Ce stock peut également servir de réserve durant les périodes de sécheresse, ce qui permet de réduire le coût des compléments. Il est cependant primordial de compléter la ration alimentaire des animaux à cette période, car le fourrage est très riche en fibres et pauvre en protéines. Il importe donc d'apporter en complément du foin de légumineuses par exemple.

Apporter des compléments de façon raisonnée

L'apport de compléments protéiques et minéraux joue un rôle déterminant dans les systèmes où le pâturage régénératif est mis en place. Leur usage doit cependant être limité afin de minimiser les charges.

Une complémentation protéique adaptée permet aux animaux de conserver une bonne condition physique durant les périodes de sécheresse où le stock sur pied est consommé, moments qui coïncident aussi avec des stades avancés de gestation. Seule une analyse quotidienne des bouses et de la condition physique des animaux permet de déterminer la quantité optimale à apporter⁶¹.

Une complémentation minérale libre-service permet aux animaux de s'auto-réguler vis-à-vis d'éventuelles carences causées par le manque de nutriments spécifiques dans leur ration⁶². Le plus efficace est de laisser aux animaux des minéraux spécifiques à disposition dans des

⁶⁰ Regenerative Ranching: Maximum sustainable profit by ranching in nature's image. J. Elizondo, G. Varvaro, G. Gras. Chapter 2. Pasture ecology and soil life.

⁶¹ Regenerative Ranching: Maximum sustainable profit by ranching in nature's image. J. Elizondo, G. Varvaro, G. Gras. Chapter 4. Minimum protein and mineral supplementation program.

⁶² Can Animals Figure Out What Minerals They Need? B. Burritt. 2014.

<https://onpasture.com/2014/10/27/can-animals-figure-out-what-minerals-they-need/>



FIGURE 101
Biochar en libre-service
en Floride

mangeoires mobiles. Si ces minéraux ne sont pas disponibles on peut aussi mettre à disposition un complément minéral riche en phosphore et sans calcium.

Une tendance récente se dessine pour d'autres types de compléments facilitant le transit des animaux et l'équilibre du rumen, par exemple le biochar⁶³. Une étude a montré une diminution de 20% dans l'émission de méthane avec une consommation de 0,6 % de biochar dans la ration alimentaire⁶⁴.

Regrouper et planifier les vêlages au printemps

L'état corporel des animaux au moment du vêlage détermine leurs capacité et vitesse de remise en fécondation⁶⁵. Etant donné leurs besoins nutritifs plus élevés pendant la période de vêlage et de production de lait, il importe de faire coïncider ces périodes avec le moment où l'herbe est la plus disponible en quantité et en qualité.

63 Le biochar est un charbon d'origine végétale obtenu artificiellement par pyrolyse (carbonisation anoxique) de biomasse végétale d'origines diverses. Il permet, entre autres, d'augmenter la capacité de rétention en eau et en nutriments du sol.

64 The use of biochar in animal feeding, H. P. Schmidt, N. Hagemann, K. Draper, C. Kammann, 2019, PMC6679646, PMID : 31396445
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6679646/pdf/peerj-07-7373.pdf>

65 Résultats d'essais sur l'état corporel des animaux au moment du vêlage. G.Selk. Oklahoma State University.
<https://www.beefmagazine.com/nutrition/body-condition-calving-still-key-reproductive-success>

Adapter la génétique de son cheptel

Les critères de sélection génétique passés et actuels ne semblent pas permettre d'obtenir des animaux capables de valoriser les pratiques de l'élevage régénératif⁶⁶. Leur physiologie ne semble pas assez robuste pour tirer le plus grand profit d'un pâturage non sélectif à haute densité et développer un bon état corporel, et donc une haute fertilité, dans un contexte d'interventions minimales (soins vétérinaires, apports de concentrés, etc.). Garantir la réussite d'un système en élevage régénératif passe par la constitution d'un cheptel aux caractéristiques génétiques adaptées :

- haute fertilité et précocité sexuelle ;
- bon état corporel ;
- haute capacité d'ingestion fourragère.



© Gerardo Diaz

FIGURE 102 À gauche vache de haut potentiel génétique, à droite de bas potentiel



© Jaime Elizondo

FIGURE 103 Vache avec une croupe parfaite pour le vêlage

Réintégrer l'arbre dans le système

La protection qu'apportent les arbres est un élément essentiel pour un écosystème prairial, améliorant le bien-être des animaux et donc leur productivité.⁶⁷ C'est pourquoi l'intégration d'arbres à croissance rapide au sein ou en bordure des paddocks de pâturage peut apporter des bénéfices intéressants. Les espèces dont le feuillage présente un intérêt fourrager devraient être favorisées. C'est le cas par exemple du mûrier blanc, qui a été historiquement utilisé pour l'alimentation du ver à soie, et dont les feuilles sont parmi les plus riches en protéines⁶⁸ (parmi les espèces disponibles en climats tempérés). L'ajout de tels arbres, menés en trognes ou taillis, pourrait constituer un stock additionnel de fourrage protéique récoltable à des moments stratégiques, comme durant les périodes de sécheresse.⁶⁹

La mise en place simultanée des 8 principes qui viennent d'être exposés fonde le pâturage régénératif. Afin d'avoir des retours d'expériences et de mieux documenter les bénéfices de cette démarche, nous avons créé un groupe d'échange sur la plateforme Landfiles constitué d'agriculteurs ayant mis en place ces pratiques. Affaire à suivre...

66 Regenerative Ranching : Maximum sustainable profit by ranching in nature's image. J. Elizondo, G. Varvaro, G. Gras. Chapter 6. Adapted, fat and fertile animals.

67 The Impact of Shade on Cattle Performance in the Southeast. L. Rostoll, J. Dubeux, and N. DiLorenzo, University of Florida. Dec 2017. <https://www.drovers.com/article/impact-shade-cattle-performance-southeast>

68 Valeur alimentaire des feuilles de ligneux pour les ruminants, JC. Emile, S. Novak, S. Mahieu – INRA 2018 https://parasol.projet-agroforesterie.net/docs/ACTION3/Emile_Novak,_Mahieu_2018_Valeur_alimentaire_des_feuilles_de_ligneux_pour_les_ruminants_seminaire_ARBELE_juin_2018.pdf

69 Mulberry (*Morus spp.*) for livestock feeding. A useful source of protein. M-R. Mosquera-Losada, J-L. Fernandez-Lorenzo, A. Rigueiro-Rodriguez, N. Ferreiro-Dominguez. Nov 2018. AGFORWARD project.

ESSAI D'ARBRES FOURRAGERS DANS LES PYRÉNÉES-ATLANTIQUES

En plus des nombreux avantages de l'intégration de l'arbre dans les systèmes agricoles (remontée d'eau et d'éléments nutritifs, ombrage et bien-être animal, stockage de carbone, stimulation de la vie du sol, etc.), les ligneux peuvent également fournir un fourrage de très grande qualité lorsque les herbacées souffrent de sécheresse notamment. Afin d'installer durablement des haies fourragères, il faut trouver les meilleurs modes d'implantation et de gestion, garantissant une production et une praticité optimale pour l'agriculteur. Le mûrier blanc (*Morus alba*) a été choisi pour l'implantation d'un essai chez un éleveur membre du réseau, car il a été identifié comme l'un des ligneux les plus intéressants pour la production de fourrage. Ses feuilles présentent à la fois un fort taux de protéine (18 à 25 % de la matière sèche totale) et un taux de digestibilité élevé (entre 75 et 85 %), lié notamment à leur faible teneur en tanins.

Un essai a donc été mis en place dans les Pyrénées-Atlantiques sur des prairies permanentes gérées en patûrage tournant dynamique avec des bovins allaitants (Angus). L'objectif recherché était la complémentarité des strates avec la production d'herbe au niveau du sol et de feuilles et rameaux dans les stades supérieurs. Différents paramètres sont testés :

- Type de plants (boutures, baliveaux),
- Écartement des plants (80 cm, 1,5 et 3 m),
- Génétique des plants (4 variétés identifiées et une population issue de semis),
- Gestion des arbres (taillis, trogne, cordon).

Cet essai pluri-annuel est aussi le support d'actions concertées avec d'autres partenaires (EHLG, Agroréseau64, Lycée Errecart) pour faire avancer le sujet et partager les expériences. Premiers résultats à venir courant 2022 !

© Association Française d'Agroforesterie



FIGURE 104

Plantation participative avec des étudiants de lycée agricole sur une double ligne diversifiée ayant été sous-soleilé et affinée en surface

FIGURE 105

Mûriers blancs plantés en 2020. On peut apercevoir le fil de clôture tenu par un piquet en fibre fixé à l'horizontal dans un piquet central ; astucieux, économique et propre, car les vaches peuvent ainsi « nettoyer » sur la ligne, au plus près des arbres.

Conclusions

Les 5 premières années du programme Agr'eau (2013-2017) ont permis de structurer le réseau et de rendre les pratiques des agriculteurs plus visibles. En 2018, les agriculteurs ont proposé une évolution du programme pour permettre davantage de capitalisation de leurs essais au champ. Nous avons donc mis en place en 2019 les premiers essais collectifs au champ, démarche qui se poursuit depuis. Ces essais, comme nous avons pu le voir tout au long de ce document, mettent en avant des réussites (génétiques, TCO sur prairie, etc.) mais aussi des échecs (cultures associées, couverts estivaux, etc.). Les résultats de ces essais, tous aussi instructifs les uns que les autres, nous rappellent quelques grands principes agro-nomiques : semer dans un sol ressuyé, réchauffé, prendre en considération les conditions météos, la physiologie végétale, etc. Mais surtout, ces travaux confirment l'intérêt d'une démarche d'animation technique territoriale telle que conduite dans le cadre d'Agr'eau. Les avancées collectives et la mise en commun des expériences permettent aux agriculteurs de maîtriser les risques pris et d'investir ensemble, dans chaque pays, région ou bassin de production, dans une démarche d'amélioration continue profitant à tous.

Nous constatons également, à travers ces expériences, que si l'on veut profiter pleinement de tous les bénéfices des couverts végétaux (stockage de carbone, amélioration de la structure du sol, lutte contre le salissement et l'érosion, etc.), alors il faut leur accorder autant d'importance et de technicité que les cultures de rente.

Enfin, nos liens avec les organismes de recherche partenaires du programme, qui ont largement contribué à construire les protocoles, nous permettent de renforcer le lien terrain-recherche. Ce lien essentiel s'est matérialisé dès 2016 avec le lancement du projet BAG'AGES⁷⁰ (Bassin Adour-Garonne, quelles performances des pratiques AGroEcologiqueS?) commandité par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et coordonné par l'INRAE UMR AGIR. Ce projet, récemment achevé, a permis d'apporter encore davantage de crédit aux travaux réalisés dans le cadre d'Agr'eau, par tous ces agriculteurs pionniers qui, chaque jour, repoussent les limites de leur métier avec inventivité et détermination.

Les perspectives d'avenir sont nombreuses et les défis techniques continueront à faire le quotidien des praticiens, mais les outils et méthodes développés depuis les débuts du programme constituent désormais un solide socle de travail en commun, garant d'une meilleure efficacité collective.

⁷⁰ Le programme BAG'AGES en détail :
<https://occitanie.chambre-agriculture.fr/agroenvironnement/agroecologie/bagages/>

Remerciements

Nous tenons à remercier l'ensemble des agriculteurs du réseau Agr'eau avec qui nous avons pu mettre au point les expérimentations décrites dans ces cahiers. C'est grâce à leur volonté d'expérimenter, leur passion et leurs compétences que nous sommes en mesure d'explorer, chaque jour, des pistes de réflexions nouvelles.

Ils nous ont accordé leur confiance, ouvert les portes de leurs fermes et se sont investis dans la mise en œuvre de chaque action. Ils sont la source de notre motivation quotidienne et cet ouvrage est avant tout le leur.

Quelques portraits choisis, qui ne doivent pas faire oublier le reste du réseau :



Table des figures

FIGURE 1

Carte du bassin versant Adour-Garonne et des structures participantes du programme Agr'eau p.6

FIGURE 2

Visite technique au champ p.2

FIGURE 3

Carte localisant les 9 fermes expérimentales du programme Agr'eau. En marron les production viande, en bleu les laitières p.3

FIGURE 4

Produits utilisés pour l'enrobage des graines de lin p.10

FIGURE 5

Mélange de produits avec les graines de lin avant semis p.10

FIGURE 6

Parcelle de lin 2 mois après semis (29/04) p.11

FIGURE 7

Parcelle de lin 3 mois après semis (28/05) p.11

FIGURE 8

Schéma de l'essai enrobage sur soja. À gauche les différences de relief, à droite les modalités p.12

FIGURE 9

Analyse économique de l'essai d'enrobage sec sur graines de soja p.13

FIGURE 10

Mélange à la main des graines avec les enrobants p.13

FIGURE 11

Soufre perdu lors du semis car pulvérisé par le semoir p.13

FIGURE 12

Nombreux mélanges de biostimulants liquides en enrobage sur blé p.14

FIGURE 13

Evolution des hauteurs de plants au cours du temps en fonction du produit biostimulant et de la dose utilisés en enrobage sur grains de blé. Essai en pot. p.17

FIGURE 14

Résultats finaux de l'essai en pots de différents biostimulants (produits et doses) en enrobage de semences de blé p.18

FIGURE 15

Influence de la dose sur la biomasse aérienne des plants, tous biostimulants confondus en enrobage sur tournesol p.18

FIGURE 16

Evolution de la hauteur des plants de maïs au cours du temps en fonction des différentes modalités d'enrobage de biostimulants p.19

FIGURE 17

Nombre de grains par épi en fonction des modalités p.21

FIGURE 18

Fréquence du nombre de rangs par épi en fonction des modalités p.21

FIGURE 19

Nombre de grains par épis en fonction de chaque modalité de biostimulants appliqués en localisé sur maïs p.23

FIGURE 20

Poids des épis en fonction de chaque modalité p.23

FIGURE 21

Fréquence du nombre de rangs par épi en fonction des modalités p.24

FIGURE 22

Rendement estimé (q/ha) et marge semi-brute (€/ha) pour chaque modalité de biostimulant appliqué en localisé sur maïs p.25

FIGURE 23

Parcelle avec un arbre repère p.26

FIGURE 24

Déferrants hydrolysats autoproduits pour l'essai p.26

FIGURE 25

Agencement des modalités sur la parcelle test p.26

FIGURE 26

Les 4 zones de la BEV p.27

FIGURE 27

Comparaison des moyennes de rH2 pour toutes les modalités (pairwise.t.test réalisé avec R®) p.28

FIGURE 28

À gauche, outils pour l'analyse BEV et Brix. À droite, réalisation de mesures. p.28

FIGURE 29

Proportion des individus sains à malades selon les différentes modalités p.29

FIGURE 30

Résultats des différents biostimulants en foliaire sur la qualité du grain de blé p.30

FIGURE 31

Résultats des essais d'EM Rézomes® en foliaire sur méteil blé-féverole p.31

FIGURE 32

Agencement des modalités avec précédents différents p.32

FIGURE 33

Résultats des essais du produit Plocher® en foliaire sur méteil blé-féverole p.32

FIGURE 34

Dispositif expérimental d'essai de biostimulants liquides en fertirrigation sur prairie permanente et relevés le 25/09 p.35

FIGURE 35

Résultats de relevés de biomasse verte par tonte p.35

FIGURE 36

Prairies de la parcelle test. À gauche majorité trèfle banc, à droite chicorée et trèfles. p.36

FIGURE 37

Une soufflante pour grande production de thé de compost (capable d'aérer 2 cuves de 1000L) p.37

FIGURE 38

2000L de thé de compost lancé pour 24h d'oxygénation p.38

FIGURE 39

Panier conçu pour mettre le compost (mailles de 400 à 700 microns maximum) « Compost Tea Brewing Bags » ou « Bioextractor bag » p.38

FIGURE 40

Compost acheté mais pas encore pré-activé : trop sec. Consistance de marc de café. p.39

FIGURE 41

Pré-activation du compost, mélange avec du son puis humidification et mélange p.39

FIGURE 42

Un compost de haute qualité obtenu grâce au lombricompostage p.39

FIGURE 43

Cuves pour préparation de thé de compost p.40

FIGURE 44

Pile de fumier en décomposition anaérobie p.41

FIGURE 45

Bacs de vermicompostage chez un agriculteur du réseau p.42

FIGURE 46

Pile de fumier épandue en andain chez un polyculteur-éleveur. Humidifié car trop sec. p.42

FIGURE 47

Exemple de petit retourneur d'andain p.42

FIGURE 48

Résultats d'application de starter avec différentes quantités d'hydrolysat de soja, sur maïs p.44

FIGURE 49

Photo de la parcelle avec plan du dispositif expérimental d'hydrolysat de soja sur la ligne de semis p.44

FIGURE 50

Résultats de l'essai hydrolysat de soja sur la ligne de semis d'un maïs p.45

FIGURE 51

Photo du maïs au 05/07 p.45

FIGURE 52

Photo du maïs au 29/07 p.45

FIGURE 53

Préparation de l'hydrolysat de soja, et produit fini en bouteille p.46

FIGURE 54

Explication de la réglementation actuelle et à venir sur les PNPP et MFSC. Mai 2021 p.48

FIGURE 55

Résultats des différents essais selon les lieux d'expérimentation p.52

FIGURE 56

Marge brute des différentes modalités de bioproduits apportés sur blé (€/ha) p.52

FIGURE 57

Photos des essais d'application de silicium sur blé tendre p.52

FIGURE 58

À gauche, chrysalide de sésamie. Au centre, larve de sésamie. À droite, galerie d'une larve de sésamie dans un épis. [p.53](#)

FIGURE 59

- a. Attaques de sésamies
 - b. Galeries dans les tiges
 - c. Attaques des épis
 - d. Rendement du maïs (t à 15 % MS/ha) en fonction des modalités
- [p.54](#)

FIGURE 60

- a. Cannes prises au hasard.

À gauche : témoin C1, galeries sur toutes les cannes. À droite : C1+sucre, très peu de galeries. b. Zoom sur les cannes, les galeries apparaissent plus clairement. [p.55](#)

FIGURE 61

Carte des 31 fermes du groupe d'essais couverts d'été [p.57](#)

FIGURE 62

Frise chronologique présentant les différentes étapes des essais [p.58](#)

FIGURE 63

Couvert RAGT semé le 13/08. Photo prise chez Joël Barthes le 31/08. [p.59](#)

FIGURE 64

Trèfle dans le blé au stade dernière feuille. Photo prise le 6/06 chez Joël Barthes [p.59](#)

FIGURE 65

Estimax® semis fin août. Photo prise le 31/10 chez Amandine Breque. 1 mois après 40 mm en septembre [p.60](#)

FIGURE 66

Estimax® au 30/08, semé le 19/07 [p.61](#)

FIGURE 67

Trèfles blancs au 1 avril 2020 [p.61](#)

FIGURE 68

Maïs au 3 juin 2020. À gauche : avec précédent couvert de trèfles blancs. À droite : sans trèfle blancs et non ressemé. [p.61](#)

FIGURE 69

Résultats des pesées MERCI des différentes modalités de semis des couverts d'été dans le 47. Mesures faites le 22 septembre soit 73 jours après le SD. [p.63](#)

FIGURE 70

Semis des essais au combiné herse rotative + semoir le 04/06 [p.66](#)

FIGURE 71

Organisation des modalités de couverts sur la parcelle test [p.66](#)

FIGURE 72

Les essais tournesols purs ont réussi à pousser mais la présence des sétaire est forte. [p.67](#)

FIGURE 73

Essais avec des espèces pures : la sétaire domine complètement, on ne distingue pas les lignes. [p.67](#)

FIGURE 74

Essais avec des mélanges d'espèces : la sétaire est contenue, notamment par le sorgho fourrager. [p.67](#)

FIGURE 75

Plusieurs mélanges de graines de couverts testés [p.67](#)

FIGURE 76

Plan des essais d'implantation de luzerne [p.68](#)

FIGURE 77

Résultats des essais de luzerne associée, pour la première coupe [p.69](#)

FIGURE 78

Schéma des essais d'associations de plantes avec le maïs [p.70](#)

FIGURE 79

Résultats du N-Tester sur maïs selon les différentes modalités [p.70](#)

FIGURE 80

Schéma représentant la répartition des graines sur 1 m² selon différents écartements pour la même densité de semis (500 000 grains/ha) [p.71](#)

FIGURE 81

Schéma et photos des essais de réduction d'écartement de semis de soja au 26/06 [p.72](#)

FIGURE 82

Rendements des essais d'écartement sur soja [p.72](#)

FIGURE 83

Maïs poussant sur le couvert au 01/07 [p.73](#)

FIGURE 84

Les essais au 16/07 [p.73](#)

FIGURE 85

Rendements des modalités de densité de maïs et densité réelle mesurée [p.74](#)

FIGURE 86

Schéma représentant la répartition spatiale du système sous strip-till rotatif p.75

FIGURE 87

Evolution du blé au fil de la campagne p.75

FIGURE 88

Tondeuse inter-rang développée pour gérer l'enherbement p.75

FIGURE 89

Schéma de l'essai variétal, avec les profils altimétriques des différentes zones p.77

FIGURE 90

Equipement pour le semis : rouleaux faits maison à l'avant et semoir monograine à l'arrière p.77

FIGURE 91

Rendements des modalités variétales de maïs p.78

FIGURE 92

Rendements aux normes (15 % hum.) en fonction des groupes de précocité (pairwise.t.test réalisé avec R®) p.78

FIGURE 93

Schéma et photo du système de paddocks chez l'éleveur 1d en veaux sous la mère p.80

FIGURE 94

Répartition des zones climatiques de l'étude p.81

FIGURE 95

Répartition des agriculteurs de l'étude p.81

FIGURE 96

Photo d'un paddock chez l'éleveur 2f en Lot-et-Garonne p.82

FIGURE 97

Schéma et photo du système de paddocks chez l'éleveur 1c en broutard p.84

FIGURE 98

Photo de la formation « Agriculture régénératrice, un nouveau regard sur l'élevage des herbivores » p.85

FIGURE 99

Le pâturage sévère comme outil d'amélioration de la productivité des prairies p.86

FIGURE 100

Exemple de pâturage non sélectif dans la Creuse : consommation maximale de l'herbe p.87

FIGURE 101

Biochar en libre-service en Floride p.89

FIGURE 102

À gauche vache de haut potentiel génétique, à droite de bas potentiel p.90

FIGURE 103

Vache avec une croupe parfaite pour le vêlage p.90

FIGURE 104

Plantation participative avec des étudiants de lycée agricole sur une double ligne diversifiée ayant été sous-solée et affinée en surface p.91

FIGURE 105

Mûriers blancs plantés en 2020 p.91

Table des tableaux

TABLEAU 1

Récapitulatif des caractéristiques des 9 fermes expérimentales p.8

TABLEAU 2

Analyse économique de l'essai d'enrobage sec sur lin p.11

TABLEAU 3

Les 7 mélanges et doses de biostimulants ayant donné les meilleurs résultats en enrobage de semences p.15

TABLEAU 4

Repousses pour chaque mélange, moyenne sur toutes les doses p.15

TABLEAU 5

Modalités de l'essai en pot d'enrobages de semences de blé p.17

TABLEAU 6

Modalités des essais en pots d'enrobage sur semences de maïs p.19

TABLEAU 7

Description des modalités de l'essai d'enrobages sur maïs, au champ p.21

TABLEAU 8

Les 9 meilleurs biostimulants testés p.30

TABLEAU 9

Données économiques d'autoproduction de thé de compost. Coût horaire calculé à 1,5x le SMIC p.40

TABLEAU 10

Données économiques d'autoproduction de la recette d'hydrolysat de soja testée cette année par Agr'eau. Coût jour calculé à 1,5x le SMIC. p.47

TABLEAU 11

Listes des groupes fonctionnels et de composition des Matières Fertilisantes et Supports de Culture p.49

TABLEAU 12

Résultats des essais et impact économique des différents essais de silice sur une base de prix de 15,2€/q de blé tendre p.51

TABLEAU 13

Détail des différentes modalités d'ajout de sucre à l'insecticide appliqué en foliaire sur maïs p.54

TABLEAU 14

Les différents couverts végétaux d'été testés collectivement en 2019 par le réseau d'agriculteurs Agr'eau p.58

TABLEAU 15

Détail des différentes modalités testées p.62

TABLEAU 16

Détail de la composition et du coût de l'enrobage des semences de couvert d'été 2020 p.62

TABLEAU 17

Synthèse des résultats de l'essai de couvert d'été en Corrèze p.64

TABLEAU 18

Paramètres à prendre en compte avant l'implantation d'un couvert d'été p.65

TABLEAU 19

Les 7 couverts les plus performants selon relevés biomasse 3 mois après semis (30/08) p.67

TABLEAU 20

Comparaison économique des modalités à 90 000 gr/ha et 113 000 gr/ha de maïs p.74

TABLEAU 21

Performances du pâturage en Nouvelle-Aquitaine en fonction des zones pédoclimatiques p.81

TABLEAU 22

Evaluation d'indicateurs technico-économiques dans 10 exploitations allaitantes suite à l'adoption du PTD p.83

TABLEAU 23

Evolution de la consommation de concentrés (produits ou achetés) sur 5 élevages allaitants avant et après l'adoption du PTD p.84

Production pilotée par l'Association
Française d'Agroforesterie,
avec les contributions de :

Xavier Barat (Innov'eco²),
Emmanuelle Bonus (EHLG),
Aude Carrera (Arvalis),
Cyril Duruisseau (CUMA640),
Quentin Espagnol, Antoine Esplugas,
Léo Godard, Gautier Gras
et Aurélie Charton (AFAF),
Stéphane Fabbro (Semences de France)
Jean-Baptiste Hillaire (Caussade Semences),
Céline Guillemain (CA82),
Frédéric Lacaze (PTFAE),
Christine Lobry (CA24),
Carole Merienne (CA31),
Serge Moncet (RAGT Semences),
Florent Ruyet (CA47),
Lénaïg Tangy (CA46),
Maxime Lepeytre (CA19),
Jean-Luc Vergé (CA11),
Laurence Vigier (CA24).

CONTACTS

Quentin Espagnol: quentin.espagnol@agroforesterie.fr

Philippe Brion: philippe.brion@agroforesterie.fr

agreau@agroforesterie.fr

agreau.fr



Aude, Corrèze,
Dordogne,
Haute-Garonne, Lot,
Lot-et-Garonne, Tarn,
Tarn-et-Garonne

