

DE LA GRAINE DE SOJA LOCALE POUR LES VACHES LAITIÈRES DE NOUVELLE-AQUITAINE



L'intégration de graines de soja locales dans l'alimentation des vaches laitières permet d'améliorer l'autonomie protéique des élevages. Cela répond à un double enjeu, stratégique et climatique. Stratégique, car l'autonomie permet aux éleveurs de se mettre à l'abri des flambées de prix des matières premières, voire des ruptures d'approvisionnement. Climatique, car la filière laitière est la première filière d'élevage importatrice de tourteau de soja OGM, qui est souvent issu de la déforestation des forêts primaires d'Amérique du Sud. Plus localement, dans le nord de la région, l'AOP Beurre Charentes-Poitou intègre désormais le non OGM dans son cahier des charges, ainsi qu'un plafond sur le recours aux concentrés azotés non issus de la zone d'appellation.

Un travail a été mené pendant deux ans pour évaluer la pertinence technique et économique de l'intégration de soja dans les rations des vaches laitières et dans les assolements, ainsi que l'impact environnemental.

Sommaire

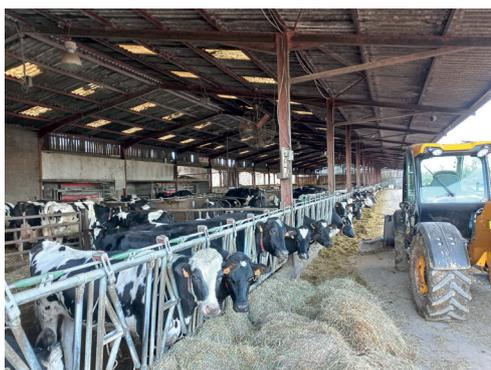
Résumé.....2

Clés de réussite
pour la culture du soja en
Nouvelle-Aquitaine3

Intégration dans les rations5

- Rations et performances
- Evaluation économique
- Valeur alimentaire des graines
- Faut-il toaster la graine ?

Impact environnemental
de l'autoconsommation 13



La substitution de correcteur par de la graine de soja fonctionne si on respecte les fondamentaux de calcul des rations.



Les quantités distribuées sont modestes, en moyenne 1 kg/j/VL, la graine doit être aplatie ou broyée.



Les quantités distribuées sont trop faibles pour espérer un gain visible par le toasting.



La ressource hydrique est un prérequis majeur pour cultiver le soja. La densité de semis et le matériel de récolte sont des facteurs de réussite importants.

Projet réalisé grâce au soutien financier de :



FONDATION • AVRIL
Au cœur des ruralités
RECONNUE D'UTILITE PUBLIQUE



RÉSUMÉ

De l'eau l'été pour le soja

Le soja est historiquement présent dans le sud de la Nouvelle-Aquitaine grâce à un climat propice (chaleur et précipitations régulières y compris l'été). Le changement climatique pourra y impacter les rendements en plaine, mais les agriculteurs pourront s'adapter en réduisant la précocité des variétés utilisées. Dans le nord de la région, le développement de la culture est plus timide. Celle-ci est possible sous condition d'une ressource hydrique suffisante, soit dans des terres profondes avec une réserve utile élevée, soit avec de l'irrigation sans risque de restrictions. La culture étant relativement marginale, les agriculteurs sont moins bien équipés, et la culture est parfois moins prioritaire, ce qui peut également expliquer une partie de l'écart de rendement.

Tous les élevages de la région n'ont donc pas les conditions propices à la culture du soja. Le développement des surfaces devra donc se raisonner à l'échelle régionale et non à l'échelle de chaque exploitation.

Incorporer 1 kg de graine crue aplatie/VL/jour

Les enquêtes terrains montrent que l'incorporation de graines de soja dans la ration des vaches en lactation fonctionne si on respecte les fondamentaux zootechniques de calcul des rations. Les éleveurs utilisent la graine de soja en moyenne à hauteur de 1 kg/VL/jour. Tous les types de systèmes sont représentés : éleveurs productifs, herbagers, bios.

Le toastage de la graine semble avoir peu d'intérêt en bovin lait. Les analyses montrent une amélioration d'une quarantaine de PDI « protégées » dans le rumen, ce qui, pour 1 kg de graines distribuées, contribue trop peu à l'amélioration de la ration pour espérer un gain visible donc un retour sur investissement. De plus, le gain de valeur alimentaire peut être affecté par les conditions de toastage, notamment dans le cas d'un toaster mobile. Le projet a permis d'établir une valeur alimentaire solide de la graine de soja crue (23 échantillons), qui n'est pas référencée actuellement dans les systèmes de rationnement.

Difficilement rentable hors cahiers de charges

L'intérêt économique est souvent limité si l'on opte pour une approche globale intégrant les ventes en moins de la culture remplacée. En effet, le soja remplace souvent le maïs grain dans la rotation, qui est une des cultures les plus rentables. De plus, il doit souvent remplacer le tourteau de soja OGM dans la ration, qui est l'un des correcteurs azotés les plus compétitifs. La graine de soja est néanmoins rentable en agriculture biologique et quand elle permet de réduire l'huile de palme en plus du correcteur azoté, dans les élevages qui en utilisent. Il peut également faciliter l'accès à certains cahiers de charges (AOP ou non OGM), qui peuvent financer le surcoût.

Le surcoût éventuel doit être replacé dans le contexte de l'exploitation (quel % de l'EBE?). Les atouts agronomiques du soja sont difficilement chiffrables, et certains éleveurs peuvent choisir d'accepter ce surcoût pour répondre à leurs objectifs d'autonomie ou de réduction de leur impact environnemental.

Une réduction significative des GES si on remplace du tourteau de soja d'importation

L'utilisation de soja local permet de réduire les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) de façon parfois significative. Une exploitation conventionnelle avec un bon rendement en soja qui remplace du tourteau importé peut réduire ses émissions de 5 700 kgeqCO₂/an/ha de maïs converti en soja. C'est l'équivalent d'une maison d'habitation chauffée au gaz pendant 1 an*. Mais le gain sera bien moins important si la graine de soja remplace du tourteau de colza, beaucoup moins émetteur, ou en agriculture biologique. Cela préserve également la qualité de l'eau grâce à la réduction des nitrates, ce qui fait du soja une culture particulièrement intéressante en zone de captage.

CLÉS DE RÉUSSITE POUR LA CULTURE DU SOJA EN NOUVELLE-AQUITAINE

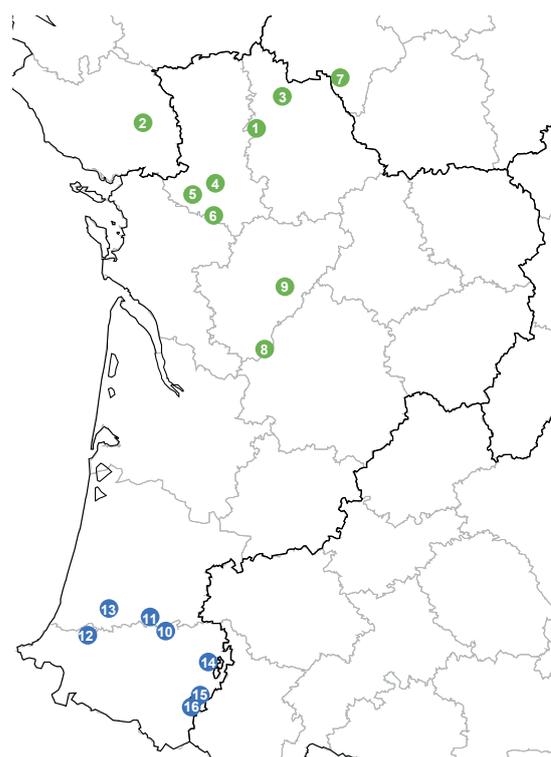
Les agriculteurs interrogés témoignent d'une culture peu contraignante, avec peu d'interventions à prévoir et pas de problèmes de salissement ou de maladies. Elle est idéale pour allonger les rotations et pour casser les cycles des adventices et de la pyrale du maïs. Elle constitue un très bon précédent : en restituant une trentaine d'unités d'azote à la culture suivante, en améliorant la structure du sol et en laissant peu de résidus. Elle résiste également très bien à la chaleur. Les points de vigilance sont bien sûr la disponibilité hydrique, mais aussi le soin à apporter au semis et à la récolte.

Les variétés 000 (les plus précoces) sont majoritaires dans le nord, même avec de l'irrigation. La densité de semis de ces variétés est plus importante, elle est comprise entre 550 et 600 000 graines. Dans le sud, les variétés sont des 0, avec des densités de semis de 350 et 450 000 graines.

L'idéal est de semer au semoir monograin, qui permet une meilleure précision, mais cela nécessite de s'équiper des disques spécifiques pour pouvoir semer à une densité suffisante. Ce mode de semis est majoritaire dans le sud. Dans le nord en revanche, par simplicité au vu des faibles surfaces, l'utilisation du semoir à céréales est majoritaire, mais cela est moins précis et peut donc pénaliser le potentiel de rendement. Le semis se fait sur sol bien réchauffé, la plupart du temps après les maïs. Le coût de la semence certifiée est similaire, 250 €/ha en moyenne en 2022. Certains utilisent de la semence fermière mais doivent l'innoculer (environ 30 €/ha).

Désherbage : 57 €/ha en moyenne (hors bios).

Fertilisation : la moitié des parcelles en conventionnel ont reçu une cinquantaine d'unité de phosphore et potasse minéral, pour un coût moyen de 108 €/ha (moyenne des valeurs > 0). L'autre moitié n'a pas reçu de fumure minérale, mais quasiment toujours de l'organique.



Localisation des exploitations cultivant du soja ayant participé au projet. Les numéros sont repris dans le graphique page suivante.

* <https://avenirclimatique.org/carbonometre/>

Des rendements 2022 impactés par la sécheresse

Dans le nord, le rendement a été pénalisé par la sécheresse de 2022, surtout en culture non irriguée et malgré le positionnement en terre profonde. Mais avec un très gros arrosage et du matériel spécifique (irrigation sous pivot, coupe flexible, semoir monograine avec disques à soja), les rendements ont atteint 40 voire 50 quintaux/ha en terrains superficiels. Le rendement moyen sur 4 ans est de 21 quintaux pour le groupe.

Dans la Chalosse et la plaine de Pau, la sécheresse inédite de 2022 a également impacté le rendement malgré une pluviométrie estivale plus importante qu'au nord. Ceci est lié à l'utilisation de variétés plus tardives, qui sont adaptées quand la pluviométrie estivale est « normale » mais qui souffrent beaucoup plus en cas de sécheresse. Dans ce groupe « sud », le rendement moyen sur 3 ans est de 30 qtx.

Une récolte délicate

De bonnes conditions de récolte se jouent dès le semis, en choisissant une parcelle bien plane et sans cailloux, ce qui permettra de descendre la barre de coupe de la moissonneuse au maximum. Un roulage de la parcelle après le semis est aussi conseillé pour bien niveler le terrain et enfoncer les cailloux de surface.

Malgré tout, la première gousse est quasiment impossible à ramasser. Une barre de coupe flexible est un plus car elle permet de mieux raser le sol et dispose d'un tapis qui limite le dégrainage au sol (+ 2-3 qtx/ha). Le prix d'un tel équipement est de l'ordre de 35 à 40 000 euros pour 9 m*, il faut donc que les surfaces soient suffisantes pour amortir l'investissement. L'exigence d'une parcelle très plane est par ailleurs renforcée.



Lise Gouaud-Lecocq

Conseillère grande culture - Chambre d'agriculture de la Charente

« Les intérêts agronomiques du soja incitent de plus en plus les agriculteurs à en intégrer dans leur rotation »

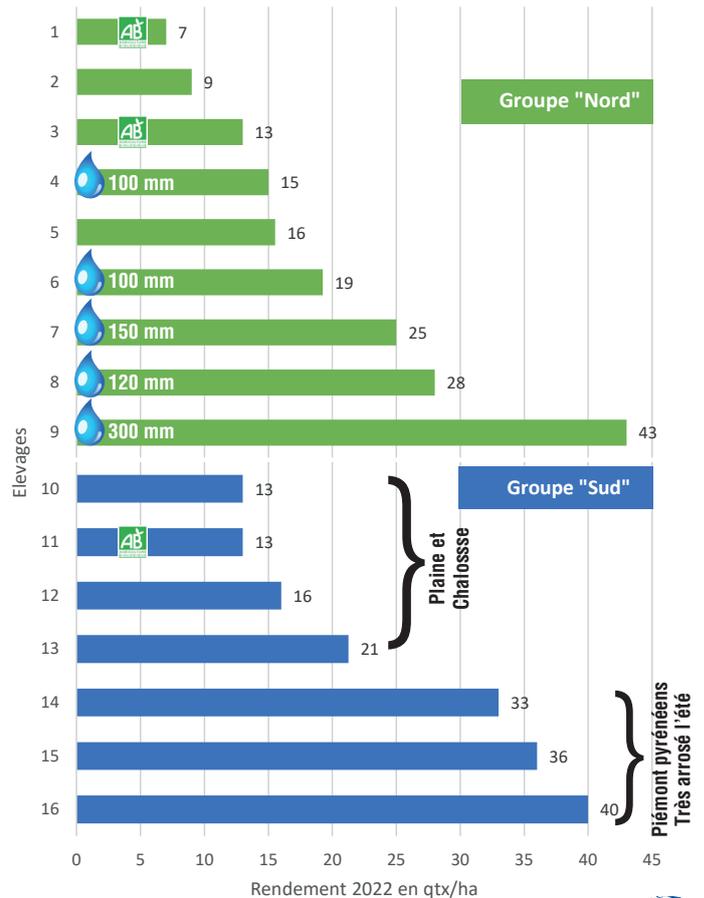
« Le plus gros facteur de rendement du soja est l'accès à l'eau : il en a encore besoin jusqu'à 15-20 jours avant la récolte, donc même avec de l'irrigation il faut être sûr de ne pas avoir de restrictions. Mais la culture du soja est possible également en culture sèche. En Charente, environ 10 % de la SAU pourrait recevoir du soja sans irrigation, ce sont des terres profondes avec une bonne Réserve Utile.

Même en conjoncture 2022 où la graine de soja est montée à 700 €/tonne, la marge du maïs reste meilleure, mais l'écart se resserre. Et les intérêts agronomiques du soja incitent de plus en plus les agriculteurs à en intégrer dans leur rotation, d'autant que les règles de la PAC poussent maintenant à allonger les rotations.

Il faut faire attention au précédent du soja : si le reliquat azoté est important, la plante risque de ne pas développer suffisamment de nodosités. C'est également valable pour les épandages d'engrais organiques sur les résidus du précédents ou au semis. Si les nodosités ne se développent pas, cela ne sert presque à rien de fertiliser, car pour remplacer une inoculation il faudrait apporter 400 à 450 unités d'azote !

A la Chambre d'agriculture de la Charente, nous avons réalisés des essais au champ sur les densités de semis. Les meilleurs résultats sont obtenus à 550 000 pieds en variété 000. Nous avons également de meilleurs résultats au semoir monograine, grâce à une meilleure répartition spatiale des graines. Mais sans disques à soja, il est compliqué d'augmenter la densité au-delà de 450 000 pieds/ha.

Au niveau de la récolte, il faut accepter de laisser des gousses au champ, mais avec une coupe flexible on en laisse 1 ou 2 au lieu d'en laisser 2 ou 3 voire plus en fonction du nivellement du sol. Il a également été constaté que le binage permettait de faire monter la première gousse. »



La culture du soja :



- Guide de culture soja de Terre Inovia : <https://www.terresinovia.fr/p/guide-soja>
- Résultats d'essai CA16 sur la densité de semis du soja : <https://charente.chambre-agriculture.fr/produire/grandes-cultures/resultats-dessais/>
- Projet W-SoLENT (sécuriser les itinéraires techniques du soja et de la lentille dans le Grand-Ouest) : <https://www.terresinovia.fr/-clap-de-fin-pour-w-solent-le-projet-d-accompagnement-des-producteurs-de-soja-et-de-lentille>



* <https://www.entraid.com/articles/barre-de-coupe-flexible-gain-de-productivite-et-precision>

INTÉGRATION DE LA GRAINE DE SOJA DANS LES RATIONS DES VACHES LAITIÈRES

Distribuer 1 kg de graine crue aplatie/vache/jour semble être un bon compromis

La quantité distribuée aux vaches va de 0,5 à 1,5 kg de graines de soja/VL/jour, selon les stocks disponibles et la composition de la ration. Au-delà, les éleveurs interrogés estiment risquer une détérioration de la production laitière et des taux. En effet, la graine de soja est faiblement pourvue en méthionine, ce qui peut dégrader le TP.

A raison d'1 kg en moyenne distribué/VL/jour, le risque de dépasser le taux maximal de 4 % de matière grasse dans la ration en MS est faible, certains éleveurs parmi les plus productifs économisent même l'ajout de matière grasse grâce à la graine de soja.

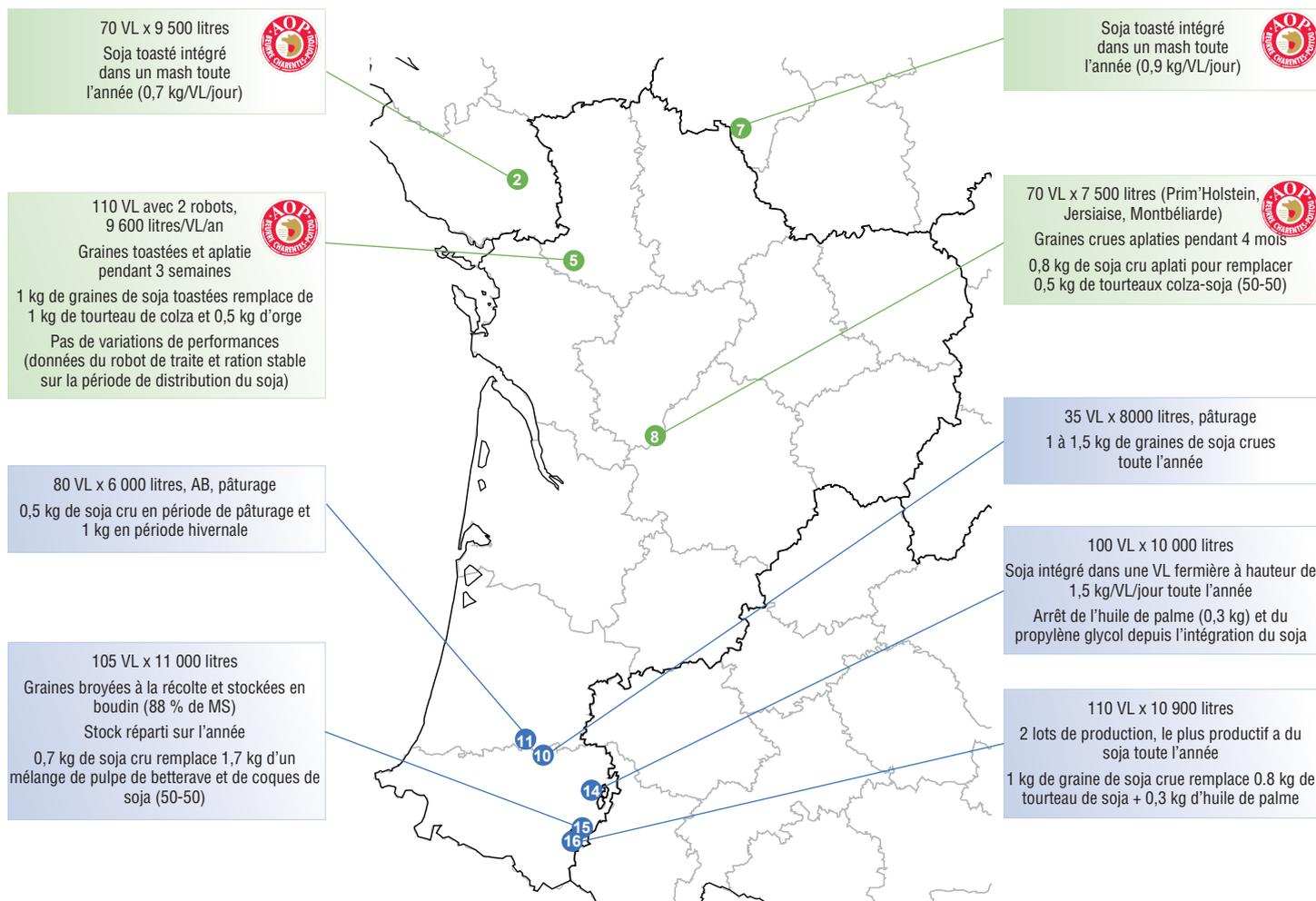
Les enquêtes réalisées ne permettent pas d'isoler un « effet soja » éventuel, car les données ont été collectées en situation réelle sans lot témoin.

Le bilan des échanges avec les éleveurs montre que l'intégration de soja fonctionne si l'on respecte les fondamentaux de rationnement. Les éleveurs ne perçoivent pas d'écart de performance avec le soja, certains évoquent même des améliorations sur la note d'état corporel ou l'état sanitaire, mais qui ne sont pas vérifiables en dehors d'un cadre expérimental.

Une entreprise de toasting est présente dans les Deux-Sèvres et les graines sont plus souvent toastées dans cette zone mais les éleveurs du sud utilisent le soja en graine crue. Quelques-uns ont essayé de toaster par le passé, mais ont arrêté par manque d'effet visible.



Distribuer environ 1 kg de graine crue aplatie semble être un bon compromis.



Difficile à rentabiliser en dehors de cahier des charges

Produire les concentrés protéiques à la ferme représente une emprise supplémentaire sur la SAU de l'exploitation. Ce sont des surfaces en moins pour la vente, donc un manque à gagner qu'il convient de prendre en compte. Nous avons retenu cette approche car elle nous semble plus proche du raisonnement des éleveurs, qui se base sur la trésorerie de l'exploitation entière.

Au niveau de la rotation, le soja vient prendre la place du maïs grain, qui est une culture particulièrement rentable. Et au niveau de la ration, la graine de soja remplace souvent du tourteau de soja ou de colza, qui offrent des coûts ramenés au point de MAT parmi les plus intéressants. Cette double concurrence est rude pour le soja local, qui est difficilement aussi rentable qu'un système « maïs grain vendu + tourteau de soja acheté ».

Mais ce manque de rentabilité apparent doit se relativiser pour plusieurs raisons :

- Gagner en autonomie protéique peut faciliter l'éligibilité à certains cahiers des charges, notamment celui du Beurre AOP Charentes-Poitou (environ + 30 €/1 000 litres), qui peuvent largement compenser le surcoût.
- Les règles de la PAC poussent à allonger les rotations, la monoculture du maïs devient difficile dans certains cas. Dans ces conditions, la baisse de rentabilité de l'exploitation est alors subie et ne relève pas d'un choix stratégique de l'éleveur de cultiver ou non du soja.

- Les surcoûts éventuels sont à relativiser au vu des faibles surfaces produites. Elles sont à replacer dans le contexte économique global de l'exploitation. Quelle baisse de l'EBE en % ? Certains éleveurs sont prêts à accepter cette légère baisse de rentabilité pour mieux aligner leurs valeurs environnementales avec leur activité professionnelle. Or, les réductions d'émissions de GES liées à la culture et l'autoconsommation de soja sont nettes.

Néanmoins, deux cas de figure dans lesquels l'autoconsommation de soja est rentable ont été identifiés :

1. **En agriculture biologique.** En effet, l'écart de rendement entre un soja bio et un soja conventionnel peut presque être considéré comme nul, car le soja est autonome sur l'azote et le désherbage se gère très bien mécaniquement. Alors qu'entre un maïs bio et un maïs conventionnel, la baisse de rendement est de 30 à 50 %. De plus, le prix des correcteurs azotés bio sont très élevés.
1. **Dans les élevages très productifs utilisant de l'huile de palme.** Celle-ci est très coûteuse, et la richesse en matière grasse de la graine de soja permet de restreindre voire de supprimer le recours à ce produit.

Une évaluation de la pertinence économique sur 3 cas-concrets contrastés mettent en évidence de gros écarts de rentabilité selon les systèmes et les situations. En effet, l'intérêt économique est multi-factoriel et varie chaque année pour chaque exploitation en fonction des rendements, du prix de vente du maïs, du prix d'achat des intrants des cultures et de l'itinéraire technique, de la ration alternative et des prix des concentrés... faites votre propre calcul en utilisant la moulinette fournie avec les livrables du projet !

<https://nouvelle-aquitaine.chambres-agriculture.fr/filieres-et-territoires/productions-animales/bovins-lait-et-viande/programme-accelair/autoconsommation-de-graines-de-soja/>



Les estimations sont réalisées en conjoncture 2022, le prix élevé des intrants pourra sembler biaiser les calculs. Cependant, les postes élevés étant répartis des deux côtés de la balance (favorables et défavorables), ils influent peu sur le résultats.

Exploitation n°16 : troupeau très productif avec huile de palme, zone très favorable au soja (35-40 qtx/ha sans irrigation)

1 J'économise 133 €/ha sur les charges opérationnelles végétales

	Soja	Maïs
Semence	231 €/ha	156 €/ha
Engrais	0 €/ha	256 €/ha*
phytos	93 €/ha	45 €/ha
total	324 €/ha	458 €/ha

*120 kg d'engrais starter à 350 €/t + 320 kg d'urée à 669 €/t

2 Auquel je rajoute 64 €/ha de bénéfices annexes

- Prime PAC : 35 €/ha
- Reliquat azoté : 20 unités d'azote économisés sur la culture suivante x 1,45 € = 29 €/ha

3 Mais j'ai 3 080 €/ha de produit en moins

Mon soja prend la place dans l'assolement d'un maïs à 110 qtx, vendu 280 €/t

Avec un rendement de 38 qtx, chaque hectare de soja doit me faire économiser **2 883 €** de concentrés pour compenser le manque à gagner par rapport au maïs vendu. Si je souhaitais vendre ma graine de soja, elle devrait être au minimum au prix de 759 €/t pour que cela soit aussi rentable qu'un maïs

4 J'économise 3 400 € de concentrés/ha de soja

- 1 kg de soja remplace :
- 0,8 kg de tourteau de soja à 560 €/t
- 0,3 kg d'huile de palme à 1 500 €/t

Je réalise donc une économie de 530 €/ha de soja auto-consommé

Si le stockage est réalisé à la ferme, cette économie doit être réinvestie en partie dans l'amortissement des installations de stockage.

Exploitation n°11 : troupeau en AB, potentiel agronomique moyen mais pluviométrie estivale correcte (20-25 qtx/ha)

1 J'économise 88 €/ha sur les charges opérationnelles végétales

	Soja	Maïs
Semence	218 €/ha	256 €/ha
Engrais	0 €/ha	50 €/ha
total	218 €/ha	306 €/ha

2 Auquel je rajoute 35 €/ha de bénéfice annexe (prime PAC)

3 Mais j'ai 1900 €/ha de produit en moins

Mon soja prend la place dans l'assolement d'un maïs à 45 qtx, vendu 430 €/t

Avec un rendement de 20 qtx, chaque hectare de soja doit me faire économiser **1 812 €** de concentrés pour compenser le manque à gagner par rapport au maïs vendu. Si je souhaitais vendre ma graine de soja, elle devrait être au minimum au prix de 906 €/t pour que cela soit aussi rentable qu'un maïs.

4 J'économise 1 950 € de concentrés/ha de soja

- 1 kg de graines de soja remplace
- 0,75 kg de tourteau de soja à 1 300 €/t

Je réalise donc une économie de 138 €/ha de soja auto-consommé

Si le stockage est réalisé à la ferme, cette économie doit être réinvestie en partie dans l'amortissement des installations de stockage.



Certains éleveurs ont investi dans une Fabrication d'Aliment à la Ferme (FAF) et intègrent le soja dans un mélange fermier.

Exploitation n°5 : troupeau en non OGM (AOP Beurre Charentes-Poitou), terres profondes sans irrigation (20-25 qtx)

1 J'économise 385 €/ha sur les charges opérationnelles végétales

	Soja	Maïs
Semence	246 €/ha	302 €/ha
Engrais	77 €/ha*	349 €/ha**
Traitements	51 €/ha	109 €/ha
total	218 €/ha	306 €/ha

*110 kg de KCl à 700 €/t

**320 litres de solution à 670 €/t + 100 kg de KCl à 700 €/t

2 Auquel je rajoute 102 €/ha de bénéfices annexes

- Prime PAC : 35 €/ha
- Reliquat azoté : 20 unités d'azote économisés sur la culture suivante x 1,45 € = 29 €/ha
- Pas de fumier avant le soja : 35 t/ha disponible pour une autre culture, soit une économie d'engrais indirecte de 38 €/ha

3 Mais j'ai 2 240 €/ha de produit en moins

Mon soja prend la place dans l'assolement d'un maïs à 80 qtx, vendu 280 €/t

4 Et j'ai 263 €/ha de frais liés à l'auto-consommation

Toastage et transport de la graine : 105 €/t

Avec un rendement de 25 qtx, chaque hectare de soja doit me faire économiser **1 753 €** de concentrés pour compenser le manque à gagner par rapport au maïs vendu. Si je souhaitais vendre ma graine de soja, elle devrait être au minimum au prix de 701 €/t pour que cela soit aussi rentable qu'un maïs.

5 J'économise 1 150 € de concentrés/ha de soja

- 1 kg de graines de soja remplace 1 kg de tourteau de colza à 370 €/t et 0,5 kg d'orge à 180 €/t

L'autoconsommation me coûte donc 865 €/ha de soja auto-consommé



Le soja peut également se conserver broyé en boudin humide.

UNE VALEUR ALIMENTAIRE DE RÉFÉRENCE POUR LA GRAINE DE SOJA CRUE

La graine de soja crue n'est pas présente dans le référentiel des valeurs alimentaires de l'INRA. Pour y remédier, une trentaine d'échantillons ont été analysés, avec tous les critères chimiques permettant une prédiction fiable de la valeur alimentaire (% MS, % MG, % MAT, % Cellulose Brute, % DE1, % DCO, % MM). La valeur alimentaire a ensuite été prédite en utilisant les équations de l'INRA 2018 et 2007, afin de proposer une valeur de référence aux conseillers et aux éleveurs.

INRAE 2018 – graines crues (n=23)

Critère (g/kg brut)	Mini	Moyenne ¼ inférieur	Moyenne échantillons	Moyenne ¼ supérieur	Maxi
%MS	80.9	85.1	88.4	91.3	91.8
UFL	1.25	1.32	1.37	1.42	1.43
UFV	1.27	1.34	1.39	1.44	1.45
PDI	54	74	94	107	114
PDIA	19	37	53	69	100
BPR	206	217	239	264	269

INRA 2007 – graines crues (n=23)

Critère (g/kg brut)	Mini	Moyenne ¼ inférieur	Moyenne échantillons	Moyenne ¼ supérieur	Maxi
%MS	80.9	85.1	88.4	91.3	91.8
UFL	1.20	1.28	1.33	1.39	1.40
UFV	1.20	1.28	1.33	1.39	1.41
PDIN	190	200	221	240	253
PDIE	80	82	94	103	107
PDIA	31	35	46	55	59

SUR LA GRAINE TOASTÉE, UNE VALEUR AZOTÉE INFÉRIEURE AUX TABLES

- Le taux de MS est davantage augmenté par le toastage
- La valeur UFL est plus élevée, en lien avec le taux de matière grasse qui est supérieur
- Une vingtaine de PDIA en moins par rapport aux valeurs tables de 2018 et de 2007
- L'écart se creuse au niveau de la BPR, l'azote valorisé dans le rumen est de + 60 par rapport aux tables INRA.

INRAE 2018 – graines toastées (n=10)

Critère (g/kg brut)	Mini	Moyenne ¼ inférieur	Moyenne échantillons	Table	Moyenne ¼ supérieur	Maxi
%MS	88.2	90	91.8	88.5	93.3	93.4
UFL	1.37	1.39	1.43	1.35	1.46	1.46
UFV	1.38	1.40	1.45	1.37	1.48	1.49
PDI	119	121	136	151	146	149
PDIA	73	76	91	106	102	105
BPR	168	181	202	144	223	233

INRAE 2007 – graines toastées (n=10)

Critère (g/kg brut)	Mini	Moyenne ¼ inférieur	Moyenne échantillons	Table	Moyenne ¼ supérieur	Maxi
%MS	88.2	90.0	91.8	88.6	93.3	93.4
UFL	1.33	1.34	1.39	1.30	1.43	1.44
UFV	1.33	1.34	1.39	1.29	1.44	1.45
PDIN	229	234	246	238	256	259
PDIE	118	122	140	157	153	155
PDIA	70	76	95	118	109	113

DES CRITÈRES CHIMIQUES COMMUNS À INTERPRÉTER AVEC PRÉCAUTION

Tous échantillons confondus (n=33)

Critère	Mini	Moyenne ¼ inférieur	Moyenne échantillons	Valeur table	Moyenne ¼ supérieur	Maxi
MAT	366	376	405	403 INRA (2018)	432	456
MG	200	208	222	210 INRA (2018)	234	245
CB	37	43	53		65	76
DCO (%)	95,3	96,1	97,1		97,9	98,4
MM	48	50	54		58	62
DE1 (crue)	54,8	57,5	64,1		72,3	76,4
DE1 (toastée)	13,6	15,3	26,7		42,8	48,9

Le taux de MAT est un critère chimique facile à analyser et peu coûteux. Il peut-être tentant de se baser dessus pour extrapoler la valeur PDI. Mais attention, les deux ne sont pas corrélés. C'est tout l'enjeu des équations de l'INRA de déterminer l'azote digestible (PDI) à partir de plusieurs critères chimiques. La MAT n'est que l'un de ces critères. La valeur alimentaire a ensuite été prédite en utilisant les équations de l'INRA 2018 et 2007, afin de proposer une valeur de référence aux conseillers et aux éleveurs.

Le toastage ne semble pas pertinent

Le toastage réduit la dégradabilité de l'azote dans le rumen. Cela peut être intéressant sur les rations riches en azote soluble, où le rumen est « saturé », car cela permet de protéger l'azote afin qu'elle soit plutôt digérée dans l'intestin. Cela permet donc d'augmenter l'azote réellement valorisée par la vache. Le toastage annule également les facteurs antinutritionnels. Les acquis du projet sur l'intérêt du toastage sont :

1. Une amélioration de la valeur alimentaire d'une quarantaine de PDIA (INRAE 2018) et la valeur absolue est inférieure à la référence INRAE.
2. La réduction des facteurs antinutritionnels n'est pas un objectif recherché pour les bovins, qui n'y sont pas sensibles contrairement aux monogastriques.
3. L'hétérogénéité des résultats des graines toastées incite à s'interroger sur les conditions de toastage, en l'occurrence mobile, qui influent sur les valeurs alimentaires.
4. Le gain de PDIA ramené à la quantité distribuée, souvent modeste, ne permet pas d'espérer un gain zootechnique visible, donc le retour sur investissement du toastage est difficile à évaluer.
5. La graine de soja est riche en lysine digestible, mais celle-ci résiste mal à la chaleur. Nous pouvons supposer que le toastage détruit une partie de la lysine.



L'organisation logistique du chantier sera déterminante pour un toastage efficace.

Le toastage mobile doit être bien préparé

Le toastage doit exposer la graine à une température précise (environ 120°C) pendant un temps court (quelques dizaines de secondes), puis celle-ci doit ensuite refroidir assez rapidement, pour stopper la cuisson.

Si la graine n'est pas assez chauffée, la protéine ne sera pas assez protégée dans le rumen et l'intérêt du processus diminue. Si au contraire elle est trop chauffée, la protéine risque de devenir partiellement inutilisable pour l'animal, car les bovins n'ont pas une capacité illimitée à valoriser l'azote dans l'intestin.

Dans le cas de l'intervention d'un toasteur mobile, la logistique du site doit favoriser un refroidissement rapide de la graine. En effet, quand le tas se forme à la sortie du toasteur, les graines situées au cœur du tas refroidissent moins vite que celles qui sont à l'extérieur, créant une hétérogénéité de cuisson du lot. L'utilisation d'une benne paraît plus adaptée, car au moment de vider la benne dans le lieu de stockage final, la graine est mélangée et aérée ce qui accélère son refroidissement.



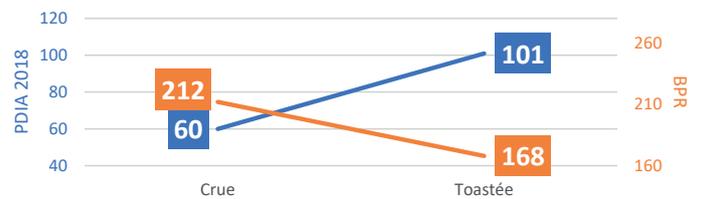
Le cœur du tas refroidi beaucoup moins vite : risque de surcuisson de la graine.

A gauche, un échantillon prélevé au cœur de la benne, nettement plus brun donc cuit que les autres.

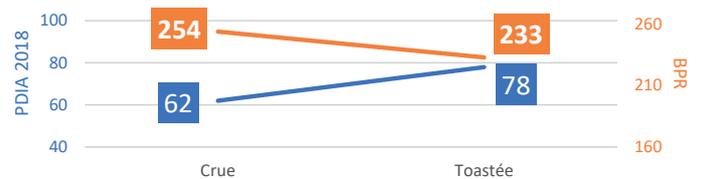
+ 40 PDIA... quand tout se passe bien

Les graphiques ci-dessous comparent les analyses d'une graine toastée à la graine crue issue du même lot. 3 lots différents montrent des résultats contrastés.

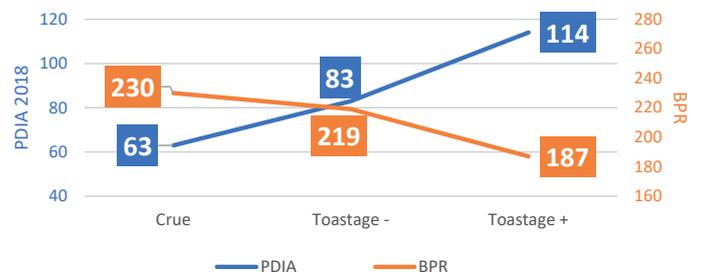
Couple 1 : gain de 40 PDIA, conformément aux moyennes.



Couple 2 : seulement 15 PDIA supplémentaires grâce au toastage. La cuisson n'a peut-être pas été suffisante.



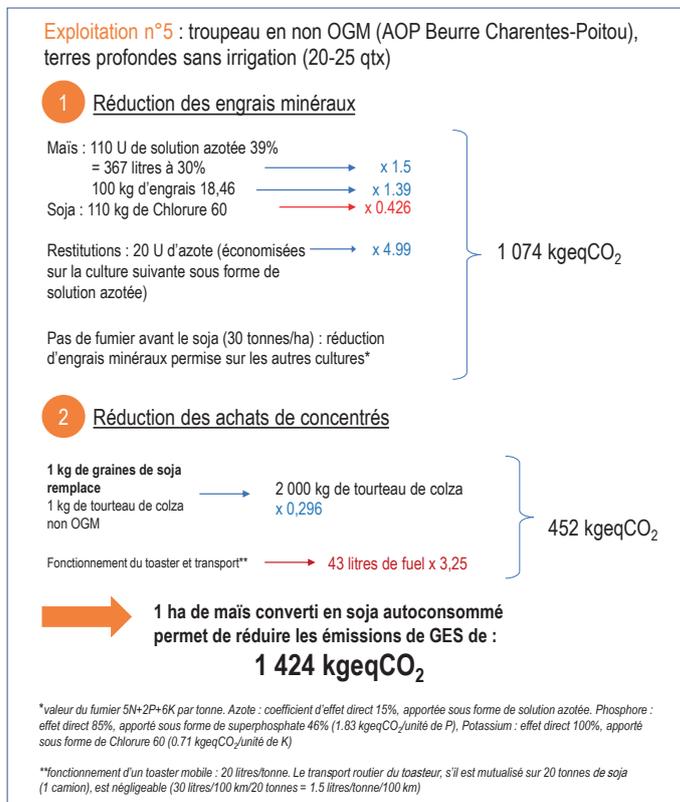
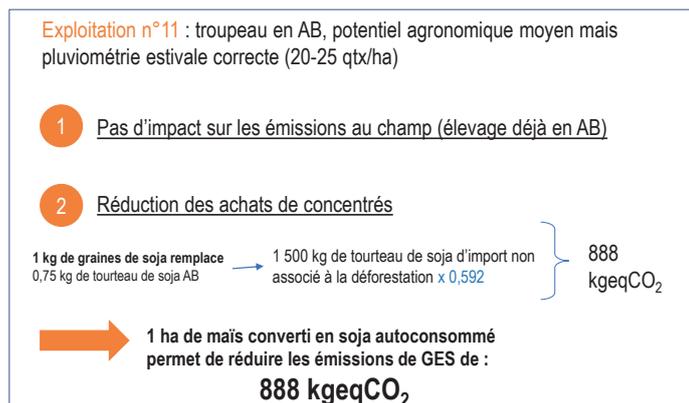
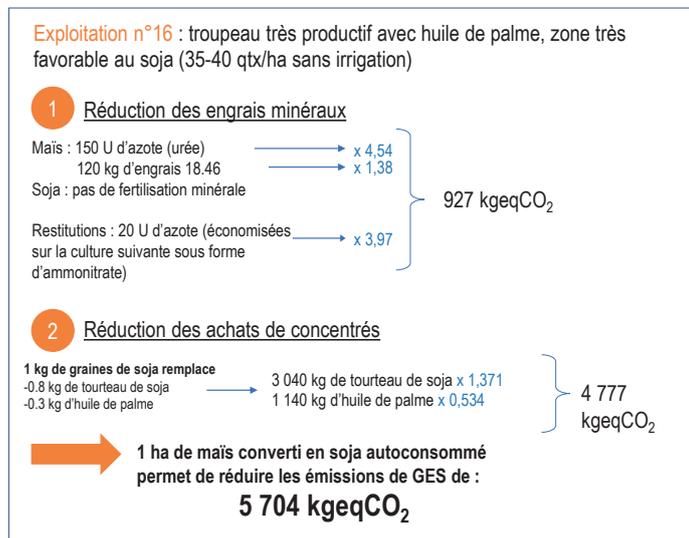
Couple 3 : sous et sur-cuisson de la graine.



Ces résultats illustrent bien les écarts entre différents processus de toastage. Le couple 3 présente deux niveaux de toastage. La graine « toastage - » a été refroidie rapidement en étant brassée dans un seau à la sortie du toasteur, quand la graine « toastage + » a été prélevée au cœur du tas à la fin du refroidissement (échantillon très brun sur la photo ci-dessus).

IMPACT ENVIRONNEMENTAL DE L'AUTOCONSOMMATION

Produire du soja pour le consommer localement est vertueux sur le plan environnemental. Non seulement il vient remplacer dans l'assolement une culture utilisatrice d'azote minérale et donc fortement émettrice de protoxyde d'azote (GES 265 fois plus réchauffant que le CO₂ pour une durée de vie similaire), mais en plus il permet d'économiser du correcteur azoté, le plus souvent à base de soja importé, qui lui aussi a un impact environnemental très négatif, en grande partie à cause de la déforestation induite qu'il provoque. Nous reprenons ici les cas-concrets utilisés pour l'évaluation économique en page 6. un «budget partiel GES» a été réalisé à partir des facteurs d'émissions (CAP2ER ou GES'tim+) des intrants ajoutés ou supprimés grâce au remplacement d'1 ha de maïs converti en soja auto-consommé.



L'impact environnemental de l'autoconsommation de soja dépend beaucoup du contexte de production de la culture et des aliments qu'il remplace. Le remplacement du tourteau de colza est peu pertinent c'est déjà un aliment relativement vertueux. De même en agriculture biologique, la réduction des impacts est déjà faite en amont grâce à l'absence d'engrais minéraux et de tourteaux de soja OGM et déforestant, le gain supplémentaire est donc faible.

Repères

- un AR Paris-New York en avion : 1 830 kgeqCO₂*
- Chauffage au gaz d'une maison pendant 1 an : 5 537 kgeqCO₂*
- Empreinte carbone d'un français moyen : 9 300 kgeqCO₂**

*carbonomètre, *avenirs climatiques*

**année 2019, <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lempreinte-carbone-de-la-france-de-1995-2022>

Projet réalisé grâce au soutien financier de :



RÉGION
Nouvelle-Aquitaine

FONDATION • **AVRIL**
Au cœur des ruralités

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE



Et de l'implication de l'ensemble des partenaires techniques du Réseau

